

MINISTERE DE L'AGRICULTURE

THESE présentée à

L'ECOLE NATIONALE SUPERIEURE AGRONOMIQUE DE MONTPELLIER

pour obtenir le titre de : DOCTEUR-INGENIEUR en AGRONOMIE
Option : ZOOTECHNIE

LIMENTATION DES RUMINANTS DOMESTIQUES SUR PATURAGES
NATURELS SAHELIENS ET SAHELO-SOUDANIENS :

ETUDE METHODOLOGIQUE DANS LA REGION
DU FERLO AU SENEGAL

par

Hubert GUERIN

Ingénieur Agronome de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Rennes

Soutenue le décembre 1987 devant la commission d'examen :

M. PRUD'HON	Président
A. BOURBOUZE	Rapporteur
G. BOUDET	
L. DAUZIER	
C. DEMARQUILLY	
I. DIEME	
P. LHOSTE	

Centre de Coopération Internationale
en Recherche Agronomique
pour le Développement



INSTITUT D'ELEVAGE
ET DE
MEDECINE VETERINAIRE
DES PAYS TROPICAUX

10, rue Pierre Curie
94704 Maisons-Alfort Cedex

REPUBLIQUE DU SENEGAL

MINISTERE DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE



INSTITUT SENEGALAIS
DE RECHERCHES AGRICOLES

DEPARTEMENT DE RECHERCHES
SUR LES PRODUCTIONS
ET LA SANTE ANIMALES

LNerv - B.P. 2057 - DAKAR -

ALIMENTATION DES RUMINANTS DOMESTIQUES SUR PATURAGES

NATURELS SAHELIENS ET SAHELO-SOUDANIENS :

ETUDE METHODOLOGIQUE DANS LA REGION

DU FERLO AU SENEGAL

ETUDE REALISEE CONJOINTEMENT PAR LE
LABORATOIRE NATIONAL D'ELEVAGE ET DE RECHERCHES VETERINAIRES DE DAKAR-HANN (ISRA)
ET L'INSTITUT D'ELEVAGE ET DE MEDECINE VETERINAIRE DES PAYS TROPICAUX A MAISONS-ALFORT
DANS LE CADRE DES ACCORDS DE COOPERATION ENTRE L'ISRA ET LE CIRAD

Programme " ALIMENTATION DU BETAIL TROPICAL (A.B.T.)

AVANT-PROPOS

Ce programme n'aurait jamais vu le jour sans la persévérance de Henri CALVET, Abdel Kader DIALLO du L.N.E.R.V. et Raymond RIVIERE de l'I.E.M.V.T. De plus leurs travaux sont à l'origine de nombreuses expérimentations exposées ici.

La détermination des directions de l'I.E.M.V.T. et du département "ZOOVETO" de l'I.S.R.A. à assurer des moyens conséquents aux équipes travaillant au Sénégal ou en France, permet la continuité des recherches en alimentation du bétail.

La SODESP et le projet forestier sénégallo-allemand de Vindou Tiengoli nous ont accueillis dans leurs structures et ont mis à notre disposition certains moyens logistiques indispensables au bon fonctionnement du programme.

Nous les en remercions.

La page de garde de ce document ne porte qu'un seul nom mais je tiens à souligner que le travail présenté est celui d'une équipe, les uns travaillant sur le terrain ou à Dakar, les autres à Maisons-Alfort. Il s'agit d'un travail collectif, permis et encouragé par de nombreuses collaborations, celle des éleveurs notamment.

Enumérer toutes les personnes qui ont participé au programme serait long et je craindrais trop d'oublier certaines d'entre elles dont l'intervention, même ponctuelle, fut parfois déterminante pour la progression de l'étude.

Je me limiterai donc à citer quelques noms. Qu'à travers eux, tous et toutes se sentent remerciés :

. Semba NDARY KA dit Paté DIALLO et Semba SENE, bergers de la première heure. Ils suivent encore, avec leurs familles les pérégrinations du programme dans les régions du Sénégal. Ils m'ont accueilli dans le Ferlo et me l'ont fait découvrir et apprécier.

. Dominique FRIOT et Ndiaga M'BAYE dont l'amitié et la bonne humeur ont facilité le passage des moments difficiles. Ils ont activement participé aux recherches et se sont livrés, avec le sourire, à toutes les tâches même ingrates ou... fantaisistes. Les bistouris de Ndiaga MBAYE et de Safiétou TOURE FALL ont permis l'utilisation de zébus et de moutons fistulés.

. Massemba DIOP, Antoine COREA, Ibrahima NDIAYE, Tafsir Mamour BA, responsables successifs des stations de terrain. Ils ont subi quotidiennement toutes les difficultés de réalisation des protocoles.

. Didier RICHARD, malgré l'éloignement, a su s'impliquer dans les expérimentations et, grâce à cela, faciliter les relations avec le laboratoire. Cette collaboration fut très agréable.

. Le personnel et la Direction du laboratoire de Dakar-Hann, particulièrement mes compagnons de bureau, Abdoulaye NIANG, Amadou SYLLA, Abdoulaye KA, Doudou DIOUF et tous les agents de l'Alimentation ont un sens profond de l'hospitalité qui a rendu ce séjour sénégalais enrichissant et agréable. Leur travail a permis la réalisation du programme !

. Le personnel du laboratoire d'analyses de l'I.E.M.V.T. fut largement mis à contribution : Janine AMOUR, Paulette ARNOLDI, Geneviève BERNARD, Albert DUCHE, Mohamed EL DJENDOUBI, Patrice LEFEVRE, Annie MATON. Pendant des moments difficiles, ils m'ont entouré de leur chaleureuse présence. Je n'oublie pas non plus les anciens du service.

. Plusieurs étudiants ont participé aux analyses, à l'exploitation et à l'interprétation des données : Abdoulaye DIENG, Véronique HEINIS, Arturo JUAREZ, Réjane KONE.

Coumba SOW a effectué la frappe de nombreux rapports. La présentation de ce document est le fruit du travail, de la patience... d'Annie MATON, du service de Cartographie de l'I.E.M.V.T., particulièrement de Luc RENVOISE, pour le graphisme et de l'ensemble du service de Documentation.

Que tous trouvent ici l'expression de ma grande reconnaissance.

Les objectifs et les protocoles du programme ont, à plusieurs reprises, été ajustés suite aux conseils de Gabriel BOUDET, Michel CHENOST, Camille DEMARQUILLY, Maïmouna DICKO, Jim LAMBOURNE, Mahawa MBODJ et Didier RICHARD, notamment lors de leurs séjours au Sénégal ou à l'occasion de l'évaluation du programme A.B.T.

Nous les remercions pour leur disponibilité et leurs utiles critiques et suggestions.

Camille DEMARQUILLY a accepté d'assurer l'encadrement scientifique de la rédaction de ce mémoire ; malgré son caractère épisodique, il a toujours réservé un bon accueil aux manuscrits et m'a fait profiter de ses nombreuses suggestions et corrections.

Je suis très reconnaissant aux membres du Jury de m'avoir fait l'honneur de consacrer une partie de leur temps à la lecture de ce texte.

Enfin, je ne pourrais clore cette page sans rendre grâce à la patience... et au soutien indéfectible de ma famille, en premier lieu de Béatrice. C'est aussi son travail !

RESUME

Une des contraintes essentielles des systèmes extensifs d'élevage est l'alimentation. Après une rapide présentation de l'élevage dans la zone sylvopastorale du Ferlo au Sénégal, quelques méthodes d'étude de la végétation des parcours, de la valeur nutritive des fourrages, du comportement alimentaire du bétail domestique sont exposées dans une partie bibliographique.

Certaines de ces méthodes ont été appliquées de 1980 à 1983 à trois parcours exploités par des bovins, des ovins et des caprins. Les résultats de l'étude des disponibilités fourragères sont suivis de ceux relatifs aux préférences alimentaires du bétail. La valeur nutritive des fourrages disponibles a été étudiée par des analyses et des mesures de digestibilité *in vivo*. Des relations entre la composition chimique des fourrages et leur valeur nutritive en ont été déduites. Elles ont été appliquées à des échantillons de collectes du berger, de bols oesophagiens ou de contenus de rumen et de fèces pour estimer la valeur nutritive des fourrages effectivement ingérés au pâturage. Ces estimations peu précises et la mesure de l'excrétion fécale par collecte totale pratiquée sur des zébus ou des moutons ont permis de calculer un ordre de grandeur des quantités ingérées et de leurs variations entre les saisons.

Ces résultats contribuent à décrire l'utilisation effective des disponibilités fourragères et à interpréter sur le plan nutritionnel le comportement pondéral du cheptel sahélien et sahélo-soudanien.

L'interprétation des effets zootechniques de telle ou telle technique de gestion des parcours, de complémentation, d'abreuvement etc..., doit être pluridisciplinaire et faire appel à l'étude du bilan fourrager, prenant en compte les déplacements et les préférences alimentaires du bétail, ainsi qu'à la description qualitative, et si possible quantitative, des rations ingérées ; les suivis alimentaires doivent cependant être nettement allégés, en fonction des objectifs propres à chaque étude, par rapport à celui décrit ici.

Des démarches de ce type ne semblent pas avoir été tentées jusqu'ici en Afrique tropicale. Elles permettraient probablement la transposition des résultats à des conditions identiques ou tout au moins comparables à celles des dispositifs expérimentaux. Ces travaux devraient contribuer à l'amélioration des méthodes de diagnostic des systèmes d'élevage.

SUMMARY

Animals' feeding is of the main constraints to extensive breeding systems. After a short presentation of breeding in grassland zone of Ferlo (Senegal), a few methods for ranges' vegetation, nutritive value of forages and feeding habits of domestical livestock studies are listed in a review.

Some of these methods were applied in 1980-1983 in three natural ranges used by cattle, sheep and goats. The results of the vegetation's study are followed by those concerning the livestock diets. The nutritive value of forages has been studied by analyses and *in vivo* digestibility measures. From them, relationships between the chemical composition of forages and their nutritive value have been deducted.

They have been applied to samples of shepherd's collection, oesophageal of ruminal fistula samples and faeces, to estimate the nutritive value of effectively ingested forage on ranges.

These unprecise estimations and the total fecal collection from zebus and sheep allowed to calculate a size level of total organic matter intake and its seasonal variations.

These results help to describe the effective use of available fodder and to understand the changes in livestock weight on Sahelian and Sudanian pastures.

The interpretation of the zootechnical effects of any technic of range management, supplementation, watering, etc. must be pluridisciplinary. It must call on the study of fodder assessment and of the animal diets; however, the study of feeding behaviour and of nutritive value of ingested forages must markedly be lightened in comparison with this one according to the aim of each study.

Such attempts, which do not seem to exist till now in tropical Africa, would allow the generalization of experimental results, under similar conditions or at least comparable. These works should contribute to improve diagnostic methods of breeding systems.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	8
--------------------	---

PREMIERE PARTIE : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

<u>CHAPITRE I</u> : PARCOURS NATURELS ET ELEVAGE DANS LA REGION DU FERLO : PRESENTATION GENERALE	14
---	----

I.1 - Ressources en eau	14
I.2 - Sols	15
I.3 - Végétation ligneuse	16
I.4 - Couvert herbacé	16
a) Couverture du sol	16
b) Phytosociologie	16
c) Productivité	17
I.5 - Population humaine et cheptel	17
I.6 - Mode de gestion de l'espace	18
I.7 - Productions zootechniques	19
a) Bovins	19
b) Petits ruminants	21
Conclusion	21

<u>CHAPITRE II</u> : DESCRIPTION DU DISPONIBLE FOURRAGER DES PARCOURS NATURELS A FAIBLE PRODUCTIVITE : METHODES	23
--	----

II.1 - Echelle d'étude	24
II.2 - Types de végétation	25
II.3 - Analyses phyto-écologiques du couvert herbacé	26
a) Technique de relevé	26
b) Comparaison des relevés	28
II.4 - Productivité de la végétation herbacée	29
II.5 - Caractérisation et production fourragère de la végétation ligneuse	31
Conclusion	32

CHAPITRE III : METHODES D'ETUDES DU COMPORTEMENT ET DES PREFERENCES ALIMENTAIRES DES RUMINANTS DOMESTIQUES AU PATURAGE	34
Introduction	34
III.1 - Comportement spatial	35
III.2 - Rythmes d'activité	37
III.3 - Composition botanique des régimes ingérés au pâturage	38
III.3.1 - Observations de terrain	39
III.3.2 - Analyses microhistologiques des contenus digestifs...	40
III.3.3 - Mesures radio-isotopiques sur les contenus digestifs.	42
III.3.4 - Interprétation des contributions spécifiques	42
Conclusion	43
 CHAPITRE IV : COMPOSITION CHIMIQUE ET VALEUR ALIMENTAIRE DES ESPECES FOURRAGERES TROPICALES	 44
Introduction	44
IV.1 - Les fourrages herbacés : composition chimique, digestibilité et quantités ingérées ; leurs variations	46
IV.1.1. - Facteurs de variations de la composition chimique et de la digestibilité	46
IV.1.1.1 - Variations génétiques	47
IV.1.1.2 - Variations chronologiques	48
IV.1.1.3 - Variations liées au climat	49
IV.1.1.4 - Variations liées à la fertilité du sol	49
IV.1.2. - Ingestion des fourrages herbacés tropicaux	50
IV.2 - Les fourrages ligneux : leur valeur alimentaire.....	51
Conclusion	53
 CHAPITRE V : METHODES D'ESTIMATION DE LA DIGESTIBILITE - APPLICATION AUX FOURRAGES TROPICAUX ET AUX PATURAGES	 55
Introduction	55
V.1 - Tables de valeur alimentaire	55
V.2 - Méthodes physiques	56
V.3 - Méthodes chimiques	56
V.4 - Méthodes biologiques	57
V.5 - Méthodes enzymatiques	60
V.6 - Méthodes des rapports	60
V.7 - Méthodes des index fécaux	62
Conclusion	64

<u>CHAPITRE VI</u> : ECHANTILLONNAGE DES FOURRAGES INGERES AU PATURAGE ET ESTIMATION INDIRECTE DES QUANTITES INGEREES PAR COLLECTE TOTALE DES FECES	66
VI.1 - Echantillonnage manuel du fourrage ingéré au pâturage	67
VI.2 - Utilisation d'animaux fistulés	68
VI.2.1 - Bovins fistulés du rumen	68
VI.2.2 - Animaux fistulés de l'oesophage	69
VI.3 - Collecte totale des fèces	72
Conclusion	73

DEUXIEME PARTIE : ETUDE EXPERIMENTALE : PRODUCTION, COMPOSITION ET VALEUR ALIMENTAIRE DE PATURAGES NATURELS SAHELIENS AU SENEGAL - COMPORTEMENT ALIMENTAIRE ET PONDERAL DES RUMINANTS QUI LES EXPLOIENT

<u>INTRODUCTION</u> : Justification et localisation des études - Généralités sur le dispositif expérimental	76
--	-----------

<u>CHAPITRE VII</u> : DESCRIPTION DES PATURAGES EXPLOITES PENDANT L'ETUDE DU COMPORTEMENT ALIMENTAIRE DES RUMINANTS	81
Introduction	81
VII.1 - Tessekré (d'après les travaux de VALENZA 1984)	81
VII.1.1 - Méthode d'étude	81
VII.1.2 - Résultats	82
VII.2 - Vindou Tiengoli (d'après les travaux de VALENZA 1984 et KLUG 1982)	82
VII.2.1 - Méthode d'étude	82
VII.2.2 - Résultats	83
VII.3 - Doli	85
VII.3.1 - Méthode d'étude	85
a) Végétation herbacée	85
b) Végétation ligneuse	87
VII.3.2 - Résultats	87
a) Composition floristique du couvert herbacé	87
b) Productivité du couvert herbacé et évolution du stock de fourrage en saison sèche	89
c) Végétation ligneuse	90
Conclusion	91

CHAPITRE VIII : LE COMPORTEMENT ET LES CHOIX ALIMENTAIRES DES RUMINANTS DOMESTIQUES (BOVINS - OVINS - CAPRINS) SUR LES PATURAGES NATURELS

Introduction : Comportement général des troupeaux	94
VIII.1 - Etude des rythmes d'activité des animaux expérimentaux.....	95
VIII.1.1 - Méthodes	95
a) Mode de conduite des troupeaux expérimentaux	95
b) Enregistrement des activités d'ingestion et de rumination	96
VIII.1.2 - Résultats	97
a) Ingestion	97
b) Rumination	97
VIII.2 - Composition botanique du régime des bovins, des ovins et des caprins	98
VIII.2.1 - Méthode	98
VIII.2.2 - Résultats	99
a) Comparaisons entre la composition du pâturage et celle du régime	100
b) Comparaisons entre saisons	101
c) Comparaisons entre espèces animales	101
d) Index de similarité entre les régimes étudiés	102
VIII.2.3 - Discussion sur la collecte du berger	103
a) Précision	103
a.1 - Nombre d'observations à effectuer	103
a.2 - Comparaison entre les résultats obtenus par la collecte du berger et l'analyse microhistologique des fèces	104
a.3 - Comparaison entre les compositions botaniques déterminées lors des séances de collecte du berger et après triage manuel; pesée des différents types de fourrages	105
a.4 - Effet de l'observateur sur les résultats de la collecte du berger	106
b) Prévision de la composition botanique du régime à partir de celle du pâturage	106
Conclusion	107

CHAPITRE IX : COMPOSITION CHIMIQUE ET VALEUR ALIMENTAIRE DES FOURRAGES DISPONIBLES SUR LES PATURAGES NATURELS

Introduction	109
IX.1 - Matériel et méthodes	109
IX.1.1 - Fourrages étudiés	109
a) Echantillons monospécifiques destinés aux analyses de laboratoire	109

b) Tapis herbacé fauché pour les essais de digestibilité in vivo	110
IX.1.2 - Mesures in vivo	110
IX.1.3 - Analyses	111
IX.2 - Résultats	111
IX.2.1 - Composition chimique et dégradabilité enzymatique des principaux types de fourrages	111
a) Graminées	111
b) Légumineuses	113
c) Autres herbacées	114
d) Ligneux	115
Conclusion.....	116
IX.2.2 - Variations saisonnières de la composition et de la valeur nutritive du tapis herbacé	118
a) Teneur en matière sèche	119
b) Teneur en matières minérales totales	119
c) Teneur en matières azotées	119
d) Teneur en constituants pariétaux	120
e) Digestibilité de la matière organique	120
IX.2.3 - Facteurs de variation de la digestibilité des fourrages à base de graminées	121
a) Phase de dessèchement sur pied - Conséquences pour la qualité des foins	121
b) Hauteur de coupe	122
c) Effet du taux de refus	123
d) Etat physiologique des animaux et effet de la complé- mentation par du tourteau d'arachide	123
e) Effet du rythme d'abreuvement	124
f) Différences entre ovins et bovins	124
IX.2.4 - Prévision de la valeur nutritive des fourrages herbacés récoltés sur les pâturages sahéliens	124
IX.2.5 - Quantités ingérées et niveau d'alimentation des animaux recevant en stabulation les fourrages des pâturages naturels	125
IX.2.6 - Liaisons entre la valeur alimentaire des fourrages et le comportement alimentaire des animaux	126
Conclusion	129

CHAPITRE X : ESTIMATION DE LA VALEUR NUTRITIVE DES RATIONS INGÉREES AU PATURAGE ET DES QUANTITES INGÉREES

Introduction	133
X.1 - Matériel et méthodes	134
X.1.1 - Constitution d'échantillons représentatifs du régime.	134
a) Collectes du berger	134
b) Contenus de rumen	134
c) Prélèvements oesophagiens	135
X.1.2 - Composition des échantillons représentatifs du régime	136
X.1.2.1 - Analyses effectuées	136
X.1.2.2 - Problèmes méthodologiques	136
a) Prélèvements oesophagiens	136
a.1 - Contamination par la salive et effet du mode de conditionnement	136
a.2 - Comparaison de bols oesophagiens aux fourrages consommés lors d'essais de digestibilité "in vivo" en cage	138
a.3 - Effectifs des animaux fistulés - Différences entre animaux	138
a.4 - Fréquence des prélèvements - Précision de l'es- timation de leur composition moyenne	140
b) Collectes du berger	141
b.1 - Nombre de prélèvements	141
b.2 - Différences entre observateurs	141
c) Différences entre les collectes du berger et les prélè- vements oesophagiens ou du rumen	142
X.1.3 - Collecte totale des fèces	143
a) Technique	143
b) Effet du matériel de collecte sur le comportement des animaux	144
c) Précision des mesures d'excrétion fécale	144
X.1.4 - Analyses sur les fèces	145
X.2 - Résultats	146
X.2.1 - Composition chimique et solubilité "pepsine-cellulase" du régime	146
a) Cendres	146
b) Matières azotées	147
c) Cellulose brute	148
d) ADF et lignine	149
e) Solubilité pepsine-cellulase	150

X.2.2. - Composition chimique des fèces des ruminants au pâturage	151
a) Cendres	151
b) Matières azotées	151
c) Cellulose brute	152
d) ADF et lignine	152
X.2.3 - Estimation de la digestibilité des fourrages ingérés au pâturage en fonction des critères analytiques du régime et/ou des fèces ,.....	153
a) dMO en fonction des teneurs en constituants pariétaux des échantillons récoltés au pâturage	153
b) dMO en fonction des teneurs en MAT des fèces des animaux au pâturage	154
c) dMO en fonction de la solubilité pepsine-cellulase (SMO) des échantillons de fourrage ou de contenus digestifs récol- tés au pâturage	156
Conclusion	157
X.2.4 - Quantité de matière organique fécale excrétée (MOFE)....	159
X.2.5 - Quantité de matière organique totale et de matière orga- nique digestible volontairement ingérée (MOVI et MODI, res- pectivement).....	160
a) Ovins	160
b) Bovins	161
Conclusion	161
X.2.6 - Comportement pondéral des animaux d'expérience. Comparaisons des quantités de MOD et de MAD ingérées par ces animaux à leurs besoins théoriques	162
a) Ovins	164
a.1 - MODI	164
a.2 - MADI	164
b) Bovins	165
b.1 - MODI	165
b.2 - MADI	165
Conclusion	167
CONCLUSION GENERALE	173
ANNEXES	176
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	191

LISTE DES PHOTOGRAPHIES

(clichés FRIOT ; DE WISPELAERE et PEYRE de FABREGUES ; TIQUET)

- I.1 Hangar démontable abritant les cages de digestibilité et les balances.
- I.2 Stalles de contention démontables pour bovins.
- I.3 Moutons mâles de race Peul-Peul.
- I.4 Zébus de race Gobra.
- 7.1 Détermination des fréquences spécifiques des espèces herbacées.
- 7.2 Mesure de biomasse sur un plateau de 1m².
- 7.3 Pâturage sahélien en saison des pluies.
- 7.4 Pâturage sahélo-soudanien en milieu de saison sèche.
- 7.5 Abords d'un forage sahélien en fin de saison sèche (surpâturage et passage de troupeaux).
- 8.1 et 8.2. Abreuvement, approvisionnement en eau et repos au forage de Tessekré.
- 8.3 Ingestion de graminées par un zébu.
- 8.4 Enregistrement des résultats de la collecte du berger.
- 8.5 Consommation par des moutons de jeunes rameaux coupés par un berger.
- 8.6 Consommation par une chèvre de *Calotropis procera*.
- 9.1 Cages de digestibilité. Modèle mis au point par H. CALVET.
- 9.2 Balance pour la détermination de la teneur en matière sèche des fourrages offerts et refusés et des fèces.
- 9.3 Etuve à gaz.
- 9.4 Epis de *Ctenium elegans*.
- 9.5 *Zornia glochidiata* au stade fructification.
- 9.6 *Crotalaria podocarpa* au stade floraison.
- 9.7 Feuilles et gousses de *Crotalaria podocarpa*.
- 9.8 *Spermacoce stachydea* : glomérule au stade "grains".
- 9.9 *Blepharis linariifolia* au stade fructification.
- 9.10 Fruit de *Blepharis linariifolia*.
- 9.11 *Guiera senegalensis* en fleurs.
- 9.12 *Combretum glutinosum* (jeune pied).
- 9.13 *Boscia senegalensis* (feuilles et fruits).
- 9.14 *Balanites aegyptiaca* (feuilles, épines et fruits).
- 9.15 *Acacia seyal* (Floraison).

- 9.16 *Acacia macrostachya*.
- 9.17 et 9.18 *Andropogon gayanus*.
- 10.1 Vidange du rumen.
- 10.2 Zébu fistulé du rumen au pâturage pendant une séance de prélèvement.
- 10.3 Remise en place des contenus de rumen après le prélèvement.
- 10.4 Canule obturant la fistule de l'oesophage d'un mouton.
- 10.5 Retrait de la canule et mise en place d'un sac de récolte de bol oesophagien.
- 10.6 Sac de récolte de bol oesophagien.
- 10.7 Mouton mâle équipé d'un sac de récolte de fèces.
- 10.8 Zébu portant un sac de récolte des fèces.
- 10.9 Echantillonnage et séchage des fèces de moutons.
- 10.10 Sac à fèces pour bovins. Modèle mis au point par Maïmouna DICKO (1980) du CIPEA.
- 10.11 Pesée d'un sac à fèces de bovin préalablement taré.
- 10.12 Mouton mâle entier de race Peul-Peul de 3 ans, pesant environ 40 kg.
- 10.13 Zébus mâles de race Gobra de 2 ans, complémentés en saison sèche avec 500g de tourteau d'arachide par jour.

INTRODUCTION

Les pâturages sahéliens sont étudiés depuis de nombreuses années (AUBREVILLE 1949)- Leurs sols, leurs végétations ont fait l'objet de nombreuses cartes (ORSTOM, IEMVT).

La végétation ligneuse constituée de buissons, d'arbustes et de rares arbres est plus ou moins dense (recouvrement de 2 à 15 p.100 du territoire suivant les régions) ; la classification des paysages dépend de son importance : les paysages sahéliens sénégalais appartiennent aux catégories des steppes herbeuses et des steppes arbustives lâches et moyennes (DE WISPELAERE 1983).

La productivité de la strate herbacée, composée essentiellement d'espèces annuelles à cycle végétatif court (moins de 100 jours) peut varier de 100 à 2000 kg de matière sèche par hectare. Elle est sous la dépendance étroite de la pluviométrie (quantité totale et répartition dans le temps) ce que traduisent certaines méthodes de prévision des rendements (GROUZIS 1979, BOUDET 1983) et, à partir d'un certain seuil de précipitations, de la teneur en azote des sols (BREMAN et al 1982 ; VALENZA 1984).

Des techniques modernes d'observation (télédétection aéro-spatiale et par satellite) associées à des mesures au sol dans des stations judicieusement choisies, permettent de suivre l'évolution interannuelle des écosystèmes (DE WISPELAERE 1980) et de faire chaque année le diagnostic de l'état des pâturages en début de saison sèche (ISRA/FAO/UNEP 1983).

La charge animale peut être étudiée au niveau de la région (inventaires lors des vaccinations ; vols systématiques de reconnaissance - SHARMAN 1982) ou de l'aire de desserte (1) d'un forage (comptage lors de l'abreuvement - PLANCHENAUULT et al. 1983).

TOUTAIN et LHOSTE (1978) ont procédé à des recoupements d'estimations à partir de photographies aériennes, de comptages au point d'abreuvement et d'enquêtes au niveau des éleveurs pour déterminer les effectifs exploitant une zone d'endodromie (2) couvrant 64 000 hectares au Burkina Faso ; les résultats

(1) aire de desserte : espace géographique pastoral exploité à partir d'un forage - BARRAL 1982.

(2) zone d'endodromie : une zone d'endodromie a été définie par BARRAL (1974) comme une zone exploitée en commun tout au long de l'année, à partir d'un ensemble de points d'eau permanents, par des éleveurs sédentaires ou nomades utilisant ces points d'eau en saison sèche et ayant adopté les mêmes aires et le même calendrier de transhumance.

étaient concordants (LHOSTE - communication personnelle) et indiquaient une charge de 4 ha/UBT excessive pour les potentialités fourragères de la région.

L'estimation de la charge au niveau de parcelles clôturées (ranching, dispositifs expérimentaux), rares en zone sahélienne, ne pose pas de problème méthodologique.

La dégradation des sols et de la végétation de nombreux parcours sous les effets conjugués de la sécheresse, du surpâturage et d'une exploitation forestière (bois de chauffage) abusive a fait l'objet de nombreux colloques, congrès, etc... mais le "Sahel" poursuit inexorablement sa "translation" vers le Sud... La mise en défens périodique de certains parcours plus menacés, la réduction globale des effectifs accompagnée d'un accroissement de la productivité et du taux d'exploitation pour maintenir ou améliorer le revenu des éleveurs sont des mesures unanimement recommandées.

Malheureusement, bien que simples dans leurs principes, elles sont difficiles à mettre en oeuvre pour diverses raisons liées en partie aux bouleversements successifs des systèmes d'élevages, à l'accroissement démographique et aux cycles de sécheresse qui sévissent depuis 1970 :

- le contrôle des grandes épizooties (les premières campagnes de vaccinations ont commencé avant la 2ème guerre mondiale) et, plus récemment, les opérations de sauvetage du bétail (distributions d'aliment de survie) ont fait diminuer les taux de mortalité.

- l'accroissement démographique (1) conjugué à la tendance des éleveurs à thésauriser leur cheptel, même improductif entraînent une augmentation régulière des effectifs.

- la création de forages profonds à exhaure mécanique (à partir de 1950) puis les années de sécheresse ont provoqué des déplacements de population. Les circuits traditionnels de transhumance s'en sont trouvés désorganisés et les éleveurs ont perdu le contrôle de la gestion de leur environnement.

- la stratification régionale de l'élevage (par exemple, au Sénégal, zones de "naissance", de "réélevage" et "d'embouche") et le destockage des animaux improductifs ne touchent encore que des effectifs limités.

- les techniques de complémentation, bien que partiellement maîtrisées, ne sont pas d'une application aisée pour des raisons économiques (coût de certains aliments, disponibilités monétaires des éleveurs) et logistiques (transport et distribution).

(1) très schématiquement les revenus tirés d'un troupeau de 22 bovins et 50 petits ruminants couvrent 70 à 85 p.100 des besoins minima d'une famille de 8 personnes. Ces moyennes masquent de fortes disparités régionales, ethniques et individuelles (d'après SANTOIR 1982).

- les normes d'une gestion rationnelle des parcours (charge, rythme d'exploitation) ne présentant pas de danger pour les écosystèmes et prenant en compte les données socio-économiques sont peu connues (VALENZA et FAYOLLE 1965, KLEIN 1981, KLUG 1982). De plus les sociétés pastorales susceptibles de mettre en oeuvre de nouvelles techniques de gestion ne peuvent s'y préparer que très progressivement.

- enfin, les aléas climatiques (variabilité de la pluviométrie) rendent souvent caduques les améliorations préconisées pour les années normales.

Toutes ces raisons font que les actions de développement encourageant une meilleure gestion des parcours ("unités pastorales" par exemple) sont rares et réussissent mieux dans les régions encore préservées des grands mouvements migratoires et du surpâturage (exemple du PDESO ⁽¹⁾ en zone soudano-sahélienne au Sénégal).

Il est donc urgent de mettre au point des méthodes de diagnostic et des référentiels techniques indispensables à la conception de modes de gestion du cheptel et des parcours. L'étude de l'interface "animal-pâturage naturel" apparaît alors comme essentielle. Elle demande de réunir d'une manière concomitante des informations - sur les formations végétales herbacées et ligneuses, leur productivité, leur évolution sous l'effet du pâturage - et sur l'alimentation, la conduite et la productivité du troupeau.

Citons quelques questions actuellement sans réponse :

- comment varient la valeur de la ration (quantités ingérées et valeur nutritive) et les performances zootechniques en fonction de la quantité de fourrage disponible exprimée par exemple en kg MS/UBT/saison et elle-même fonction de la productivité ou du stock de fourrage sur pied (kg MS/ha) et de la charge (UBT/ha) ?

- quelle est pour chaque région la charge optimale associée à un risque de sous-alimentation connu (fonction de la pluviométrie) et quels sont les remèdes adaptés pour les années de sécheresse ? Le problème majeur réside en effet dans l'inadéquation quasi-constante entre la productivité des pâturages, très variable d'une année à l'autre et les effectifs en bétail relativement constants ou en progression lente entre les années de sécheresse ?

- quel niveau de complémentation choisir pour un disponible fourrager donné ?

- quelles sont les méthodes simples permettant de diagnostiquer l'état nutritionnel des animaux et choisir la complémentation adaptée en fonction des objectifs de production ?

De très nombreuses techniques ont été mises au point pour étudier la végétation des pâturages (composition floristique, productivité...), le comportement des animaux sur parcours (activité, composition et valeur nutritive

(1) PDESO : Projet de développement de l'élevage au Sénégal oriental

du régime, quantités ingérées), leurs performances zootechniques. Cependant les travaux visant une compréhension globale du système d'élevage, en particulier du système d'alimentation, sont rares du fait de leur complexité et des efforts d'interdisciplinarité qu'ils exigent. Ce type d'études concerne plus souvent les systèmes pastoraux montagnards ou méditerranéens, en général "fermés" (un territoire - un troupeau), à "forte productivité" (en comparaison des pâturages des zones arides), de dimensions plus réduites et soumis à des aléas moins sévères.

Les méthodes de description des pâturages sahéliens ont fait l'objet de nombreuses mises au point, par contre pour l'étude du comportement alimentaire et de la valeur nutritive, il faut le plus souvent se référer à des travaux de zone tempérée ou de montagne concernant des pâturages riches. Même dans ces milieux, la plupart des méthodes posent de nombreux problèmes d'application, il n'est donc pas aisé de choisir celles qui sont adaptées au contexte de l'élevage sahélien.

Après une rapide présentation (chapitre I) des pâturages sahéliens et de l'élevage de la région du Ferlo dans le Nord du Sénégal, nous avons tenté de faire l'inventaire des principales méthodes pouvant permettre de répondre aux problèmes posés (chapitres II à VI).

Nous en avons choisi un certain nombre pour étudier l'utilisation du pâturage par l'animal dans trois sites du Sahel sénégalais durant la période 1980 - 1983. Ce choix a cependant été plus souvent orienté par les moyens humains et matériels dont nous disposions que par des exigences scientifiques. Les chapitres VII à X sont consacrés à la description de ce travail expérimental et à celui des résultats obtenus.

Dans la conclusion générale, nous nous efforçons de faire le bilan des connaissances acquises au cours de l'étude et d'ébaucher les grandes lignes d'une démarche pluridisciplinaire nécessaire à l'étude de l'interface "pâturage-animal".

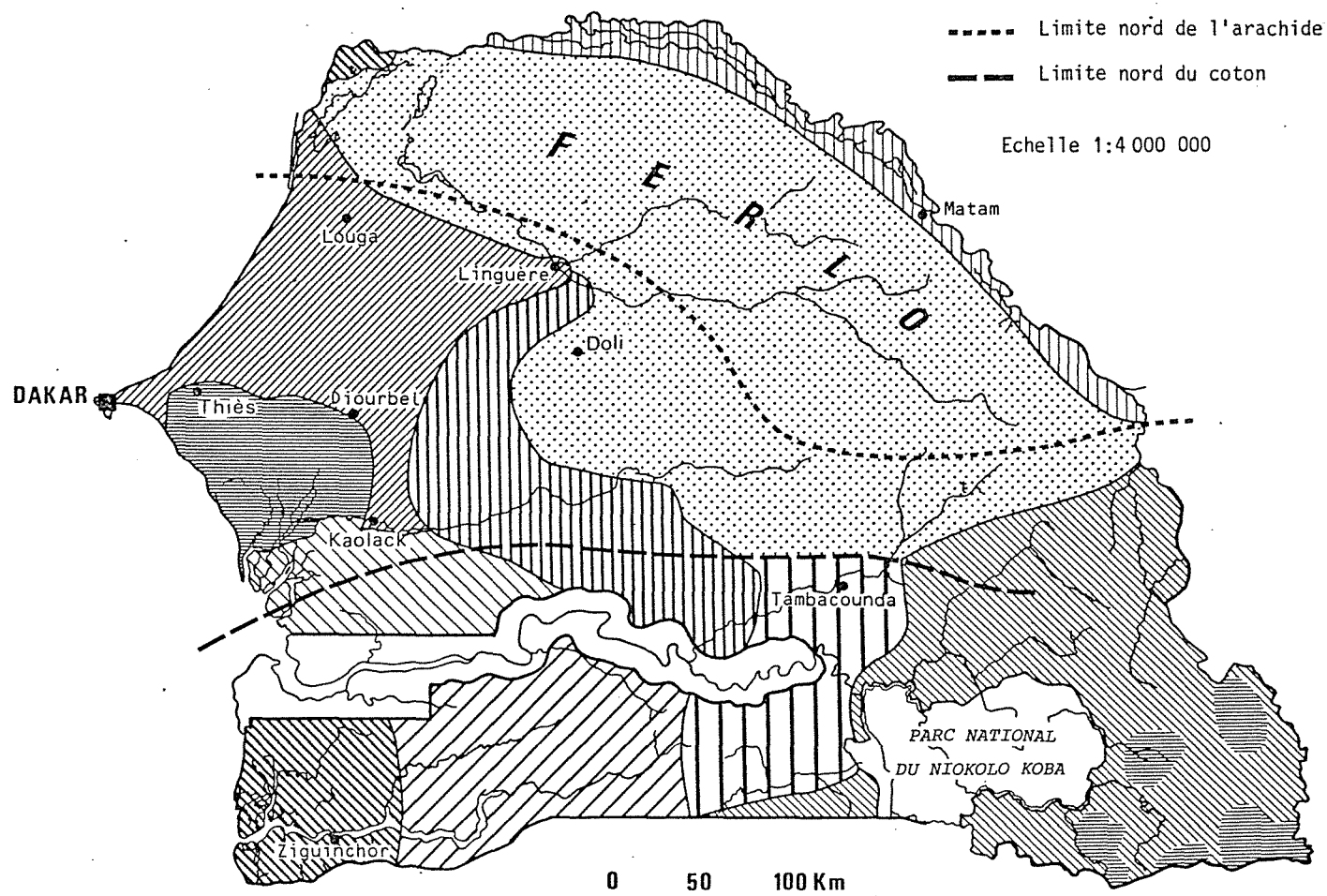
PREMIERE PARTIE











ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

PRESENTATION DE L'ELEVAGE DANS LA REGION DU FERLO

METHODES D'ETUDE DES PATURAGES, DES FOURRAGES TROPICAUX ET
DE L'ALIMENTATION DU BETAIL SUR PARCOURS NATURELS

Carte 1.1 - Principaux systèmes de cultures au Sénégal



-  Agriculture de décrue en saison sèche (sorgho) + cultures sous pluie sur les bordures de la vallée
-  Agriculture traditionnelle fondée sur l'alternance souna/arachide
-  Agriculture sous pluie intensive avec petit mil/arachide/fumure animale
-  Zone d'agriculture pionnière : techniques extensives alternance mil/arachide/longues jachères
-  Agriculture sous pluie diversifiée : petit mil et arachide dominants + sorgho, maïs, coton, riz (sur la côte)
-  Agriculture sous pluie dominante avec petit mil, sorgho et coton + maïs + arachide + riziculture de bas-fond
-  Agriculture sous pluie à longues jachères avec ilots intensifs sur les reliefs frontaliers
-  Agriculture sous pluie avec petit mil + sorgho + maïs + arachide et riziculture de bas-fond
-  Riziculture inondée dominante + mil et arachide sur plateaux
-  Pastoralisme dominant : transhumance de saison sèche vers le nord, l'ouest et le sud

(d'après PELISSIER 1980)

CHAPITRE I

PARCOURS NATURELS ET ELEVAGE DANS LA REGION DU FERLO

Les parcours naturels du Ferlo sont limités au Nord et à l'Est par la Vallée du Fleuve Sénégal, au Sud et à l'Ouest par la zone d'extension de l'arachide.

Les opérations de développement (création de forages, amélioration de la productivité de l'élevage bovin naisseur et stratification régionale de l'élevage confiées à la SODESP (1), ...) et les études consacrées à cette région (Etude des pâturages naturels du Nord Sénégal par VALENZA et DIALLO - 1972; Système de Production d'élevage au Sénégal dans la région du Ferlo par BARRAL et al - 1983; Projet pilote d'inventaire et de suivi continu des écosystèmes pastoraux sahéliens ISRA/FAO/UNEP - 1981 - 1982 - 1983 ; projet forestier sénégal-allemand depuis 1981, etc...) concernent essentiellement la zone située au Nord de la route reliant Louga, Linguère et Matam, probablement pour des raisons à la fois historiques (création de forages et modifications socio-économiques et écologiques qui en ont résulté) et climatiques (zone la plus éprouvée par la sécheresse). Cependant dès les années 1950, AUBREVILLE (1949) considérait que la limite entre climat sahélien et soudanien se situait à peu près au niveau du 15ème parallèle soit entre Doli et Dahra (2) (CORNET et POUPON 1977). De plus, la pluviométrie des vingt dernières années ayant été nettement déficitaire, on peut inclure dans la zone sahélienne et soudano-sahélienne des territoires dont la limite n'est éloignée que de quelques dizaines de kilomètres de Tambacounda. Cette limite coïncide à peu près avec celle des régions à "pastoralisme dominant" décrite par PELLISSIER (1980).

Pourtant, la majeure partie des informations dont nous ferons état concerne les 30 000 km² situés au Nord de l'axe Louga-Dahra-Matam. Elles proviennent pour l'essentiel des travaux de VALENZA et DIALLO (1972), BARRAL et al (1983) et ISRA/FAO/UNEP (1981 à 1983).

I.1 - Ressources en eau

L'utilisation pastorale du Ferlo dépend des possibilités d'abreuvement des animaux; jusqu'en 1950, la majorité de la population humaine et animale devait quitter la région à partir de décembre, lorsque les mares formées à partir de juin, les céanes (puisard de nappes alluviales) et les puits traditionnels s'asséchaient.

A partir de 1950, l'administration coloniale a commencé à créer les premiers forages à exhaure mécanique atteignant la nappe du Maëstrichien (300 m de profondeur) qui couvre 150 000 km². La distance maximale séparant ces forages dans la partie Nord du Ferlo est de l'ordre de 20 à 25 km.

-
- (1) SODESP : Société de Développement de l'Elevage en Zone Sylvopastorale
(2) Dahra est à 30 km à l'ouest de Linguère

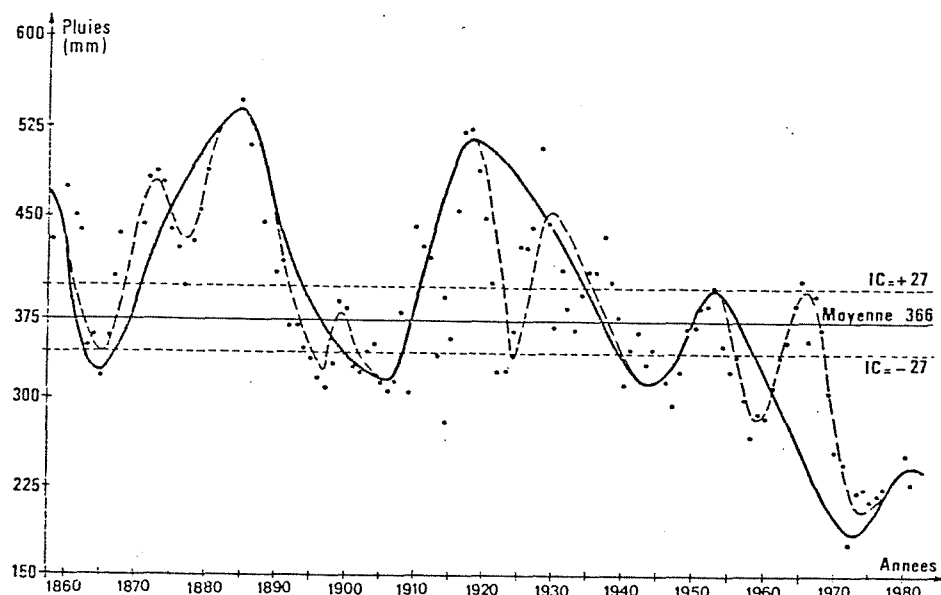


Figure 1.1 - Tendence évolutive de la pluviométrie de Saint-Louis
(BOUDET 1984 a)

Tableau 1.1 - Pluviométrie des phases humides et sèches et des stations en fonction de leur latitude

Station	Latitude	Période "humide"	Nombre d'années de mesure	Moyennes mm	Coefficient de variation	Période "sèche"	Nombre d'années de mesure	Moyennes	Coefficient de variation	Evolution comparée 1970-1981, 1910-1969 p.100
Dagana	16°21'N	1920-1969	48	318 ± 31	35	1970-1981	12	218 ± 47	34	- 31
Matam	16°38'N	1923-1969	42	520 ± 45	29	1970-1981	11	301 ± 58	29	- 42
Linguère	15°23'N	1934-1969	36	517 ± 42	24	1970-1981	12	339 ± 39	18	- 34
Dahra	15°20'N		38**	492 ± 47						
Linguère	15°23'N		38**	478 ± 42						
Gassane*	14°45'N		14**	546 ± 92						
Sadio*	14°45'N		18**	569 ± 79						

(d'après BARRAL et al 1963)

(d'après CORNET et POUPON 1977)

* proche de Doli

** dont 6 années de phase sèche

Le régime des pluies du Ferlo est celui de la zone sahélienne : une saison humide comprise entre juin et octobre, caractérisée par une pluviosité très variable. BARRAL et DE WISPELAERE (1983) distinguent une "phase humide" qui remonte au moins au début du siècle (Figure 1.1) et a duré jusqu'en 1969, et une "phase sèche" qui a débuté en 1970 et se poursuit en 1985. La comparaison des moyennes des précipitations des deux phases montre une diminution des pluies totales comprise entre 30 et 40 p.100, suivant les stations. Le tableau 1.1 montre également que les pluies totales varient très rapidement en fonction de la latitude; Dagana et Linguère bien que distants de 80 km seulement reçoivent des pluies totales qui diffèrent de 50 à 60 p.100 (par rapport à celles de Dagana). De même, la longueur des cycles des pluies varie de 20 à 80 jours au Nord de la zone étudiée et de 90 à 130 jours au Sud.

I.2 - Sols

Le Ferlo peut être divisé en un "Ferlo sableux" au Nord et à l'Ouest, couvert de dunes fossiles du quaternaire au relief peu accentué, pouvant porter des sols ferrugineux profonds et un "Ferlo cuirassé" à l'Est portant des cuirasses ferrallitiques en partie démantelées et au relief plus marqué (VALENTIN 1983).

La fréquentation intense des forages a créé des auréoles concentriques d'un rayon de 5 à 7 km, marquées par des effets anthropiques qui diffèrent entre le "Ferlo sableux" et le "Ferlo cuirassé" :

- au Ferlo sableux on observe à proximité immédiate des forages une modification de la structure des horizons superficiels qui se recouvrent de matériaux sableux et bouillants, sujets à l'érosion éolienne dès que la végétation disparaît en début de saison sèche. Par contre, la forte concentration en bétail durant la période sèche (abreuvement au forage) provoque un accroissement de la teneur en matière organique du sol dans un rayon de 500 mètres autour des abreuvoirs qui suffit à expliquer, avec le nomadisme de saison des pluies (déplacement des troupeaux vers les mares temporaires), le maintien et même l'amélioration de la productivité du tapis herbacé (VALENZA 1984).

L'encroûtement superficiel de certains sols est attribué suivant les auteurs aux effets du surpâturage et du piétinement (BOUDET 1977, MOTT et al. 1979, BREMAN et al. 1980 d'après VALENTIN 1983) ou à des phénomènes naturels cycliques (VALENTIN 1983). Cet auteur a en effet observé la même évolution dans des zones pâturées et des zones éloignées des forages ou mises en défens depuis de nombreuses années.

- au Ferlo cuirassé les abords de certains forages sont marqués par une intense érosion hydrique en nappe due au surpâturage et à la dégradation du couvert ligneux (mortalité due à la sécheresse et à la surexploitation).

Tableau 1.2 - Pluviométrie et production des pâturages naturels du Ferlo de 1979 à 1981 (résultats obtenus sur 31 placeaux de surveillance -tableau emprunté à BOUDET 1983)

No	Site	Année	Pluie saisonnière (1)	Production kg/ha (2)
1	Re 12	1980	342	153,0
		1981	433	325,0
2	Re 15	1980	342	303,0
		1981	433	570,0
3	Di 11	1979	183	46,7
		1980	157	54,0
4	Di 12	1981	158	216,7
		1979	183	329,0
5	Gm 12	1980	157	80,3
		1981	158	170,0
6	Gm 15	1981	482	1 166,7
7	Na 22	1981	482	1 700,0
8	Na 25	1980	301	497,0
		1981	333	393,3
9	Do 2	1980	301	541,0
		1981	333	1 496,7
10	Da 2	1979	404	781,7
		1980	340	956,7
11	Gm 22	1981	446	1 626,7
		1979	371	608,3
12	Gm 29	1980	371	836,7
		1981	325	750,0
13	Gm 25	1981	482	1 643,3
14	Ge 12	1981	482	1 413,3
15	Ge 15	1981	482	1 643,3
16	Yl 12	1979	482	1 783,3
		1980	319	840,0
17	Yl 15	1981	318	930,7
		1979	334	671,0
18	Re 20	1980	319	1 183,3
		1981	318	1 448,3
19	Re 22	1980	334	1 120,0
		1981	342	1 646,7
20	Re 26	1980	433	940,0
		1981	433	940,0
21	Da 1	1980	342	343,3
		1981	433	1 693,3
22	Gm 32	1979	371	316,7
		1980	371	1 986,7
23	Bb 12	1981	325	718,3
		1979	482	806,7
24	Pt 1	1980	183	673,3
		1981	157	1 666,7
25	Pt 2	1979	158	444,6
		1980	156	91,3
26	Bb 15	1981	243	553,3
		1979	232	747,0
27	La 22	1980	156	353,7
		1981	243	440,0
28	La 25	1979	232	1 055,0
		1980	156	335,0
29	Na 12	1981	243	1 306,7
		1979	183	618,3
30	Na 15	1980	157	182,0
		1981	158	670,0
31	Te 21	1979	199	166,0
		1980	322	292,0
		1981	408	3 673,3
		1979	199	103,7
		1980	322	671,7
		1981	408	2 386,7
		1980	301	773,3
		1981	333	2 136,7
		1980	301	783,3
		1981	333	2 136,7
		1980	384	616,7
		1981	275	1 756,7

(1) pluies totales en mm

(2) kg MS/ha

I.3 - Végétation ligneuse

L'évolution de 1954 à 1980 a pu être étudiée à partir de photographies aériennes (DE WISPELEARE et NOEL 1983).

La densité des ligneux a légèrement diminué au cours des trente dernières années et le bois mort a proliféré. La sécheresse en est la principale cause sauf à proximité immédiate des forages où on observe des auréoles de déforestation plus ou moins grandes (2 à 5 kilomètres) suivant la densité de population humaine (PIOT et DIAITE 1983). Le Ferlo cuirassé a été plus affecté par ces deux facteurs que le "Ferlo sableux" (DE WISPELAERE 1980).

Les années de sécheresse ont également entraîné des changements importants au niveau de la composition floristique du couvert ligneux : *Sterculia setigera*, *Sclerocarya birrea*, *Combretum glutinosum* ont tendance à diminuer, alors que des espèces plus sahéliennes comme *Acacia senegal*, *Boscia senegalensis* et *Balanites aegyptiaca* sont en progression (BOUDET et al 1983).

Globalement, la couverture ligneuse permet de classer les paysages du "Ferlo Nord" dans les catégories des steppes herbeuses (recouvrement ligneux inférieur à 2 p.100 de la surface) et des steppes arbustives laches (recouvrement ligneux compris entre 2 et 7 p.100) alors que dans les années 50, certaines zones entraient dans les catégories des steppes arbustives moyennes (recouvrement ligneux compris entre 7 et 15 p.100). Il faut maintenant descendre plus au Sud, à Doli par exemple, pour retrouver ces types de paysages.

I.4 - Couvert herbacé

a) - Couverture du sol

La photo-interprétation (DE WISPELEARE 1980) et les enquêtes auprès des éleveurs (BARRAL 1982) semblent indiquer que le couvert herbacé serait plus lâche (surfaces nues plus importantes) actuellement que dans les années 1950. Mais la prudence s'impose car il faut souligner qu'avant la création des forages (1950 à 1960) les parcours n'étaient pas exploités en saison sèche; or les surfaces nues s'acroissent en saison sèche sous l'effet du pâturage et la photo-interprétation à partir de clichés réalisés en saison sèche ne permet pas de distinguer les surfaces nues stériles des surfaces ayant produit moins de 500 kg de matière sèche les années à faible pluviométrie (DE WISPELEARE et NOEL 1983).

b) - Phytosociologie

Comme pour la végétation ligneuse, BOUDET (1983), comparant ses relevés à ceux de VALENZA et DIALLO (1972), note le développement de quelques espèces plutôt saharo-sahéliennes et la régression de certaines espèces à affi-

Tableau 1.3 - Evolution de la population humaine et animale dans le Ferlo au cours du 20e siècle

	Début XXe siècle	1950	1975	1980 à 1982	Octobre 1980	Juin 1982
Superficie prospectée en km2	30 000	19 000 (département de Linguère)		10 000	30 000	30 000
nb. habitants	50 000			32 900		
nb. bovins	30 000			86 400	405 000	325 000
nb. petits ruminants	100 000				725 000	783 000
hab./km2	1,7			3,3		
Bovins/habitant	0,6			2,7		
Hectares/bovin	100	24	8	11,6	7,4	9,2
<u>Auteurs</u>	Administrateurs coloniaux	SANTOIR (1983)		BARRAL et al (1983)	BOELCKE (1981)	SHARMAN (1982)
		d'après BARRAL (1983)				

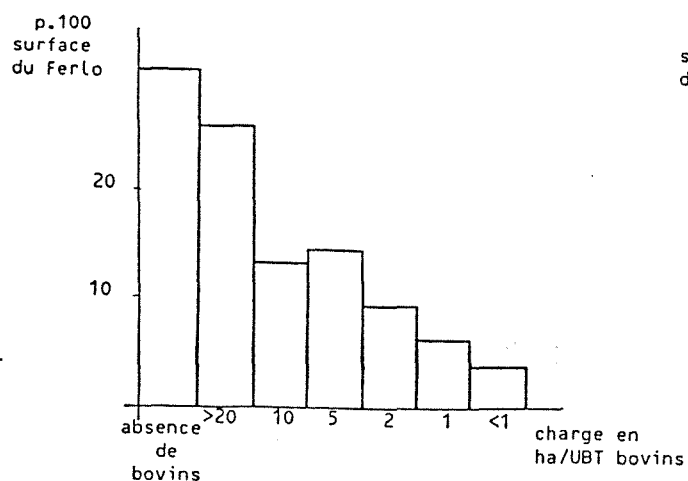


Figure 1.2 - Fréquence des charges instantanées estimées lors d'un vol systématique de reconnaissance en juin 1982

(d'après SHARMAN 1982)

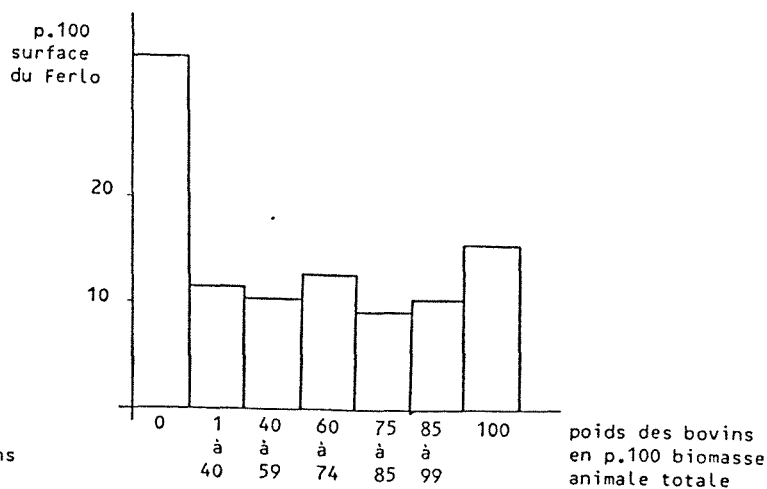


Figure 1.3 - Part des bovins dans la charge animale globale : fréquence de répartition des classes variant de 0 à 100 p.100

(d'après SHARMAN 1982)

nités soudaniennes. Ces dernières peuvent cependant subsister dans des niches écologiques à partir desquelles leur réinstallation serait possible en cas de nouveaux cycles d'années humides. Les espèces pérennes telles qu'*Andropogon gayanus* ont presque totalement disparu même dans les zones méridionales du Ferlo (BOUDET 1983).

c) - Productivité

La carte des pâturages dressée en 1970 et 1971 (VALENZA et DIALLO 1972), années à faibles pluviométries (respectivement 175 à 300 mm et 180 à 430 mm suivant les stations), indique des productions moyennes comprises entre 500 et 1 800 kg de matière sèche par hectare pour les 40 types de pâturages identifiés dont 50 p.100 ont produit plus de 1 000 kg par hectare.

Dix ans plus tard, de 1979 à 1981 (pluviométries comprises respectivement entre 180 et 400, 160 et 380, 160 et 480 mm), les productions mesurées par BOUDET (1983) (tableau 1.2) sur 31 plateaux de surveillance étaient comprises entre 50 et 3 700 kg de pailles par hectare, avec 47 p.100 des productions mesurées inférieures à 500 kg et 25 p.100 supérieures à 1 000 kg.

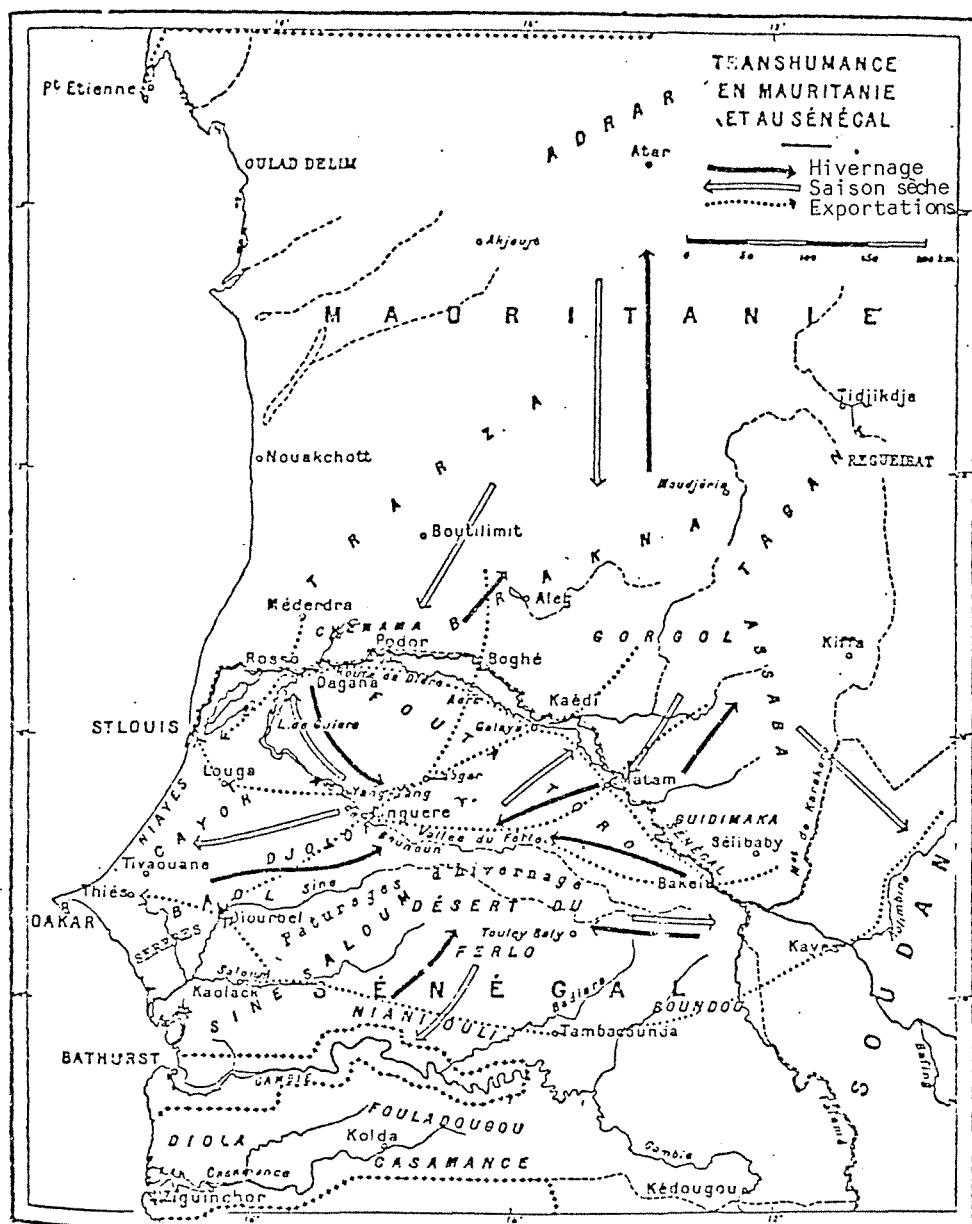
Plus récemment en 1984, année peu pluvieuse, 40 p.100 des parcours du Ferlo ont produit moins de 100 kg de matière sèche par hectare et 95 p.100 moins de 300 kg (ISRA/FAO/UNEP 1984).

Ces quelques exemples montrent l'irrégularité des productions qui varient dans de grandes proportions d'une année à l'autre en fonction de la pluviométrie et d'une localité à l'autre.

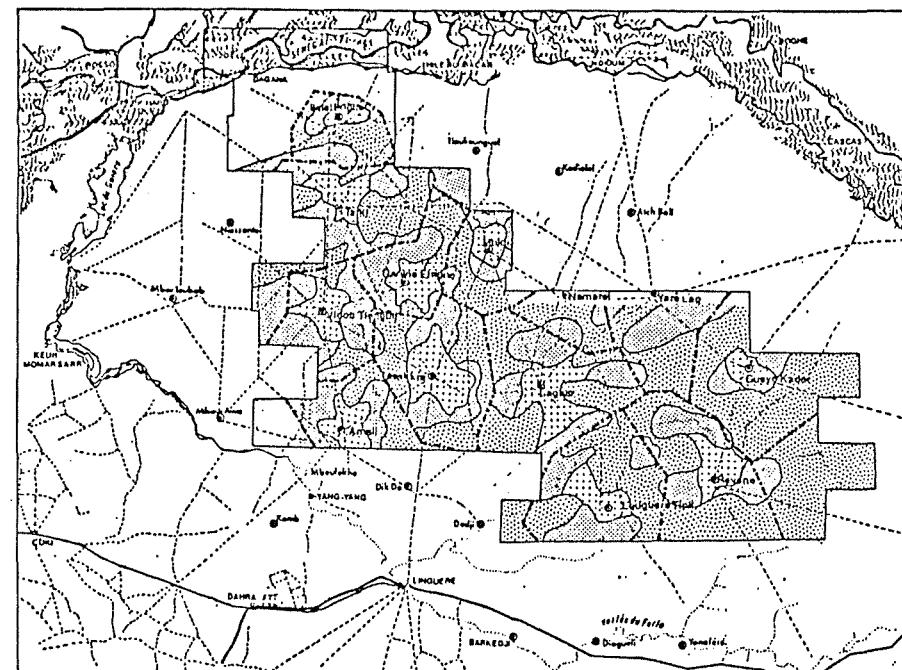
I.5 - Population humaine et cheptel

Du début du siècle à nos jours, la population a considérablement augmenté du fait de l'accroissement démographique naturel et de la construction des forages qui a entraîné la fixation dans la zone de populations qui ne la fréquentaient jusque là qu'en hivernage (Peuls) ou étrangères (Mauritaniens).

En résumé, depuis la première guerre mondiale, la population humaine a doublé, l'effectif des bovins s'est multiplié par 10 et celui des petits ruminants par 7 (tableau 1.3). Ces moyennes masquent des disparités dans les densités de peuplement comme le montre le diagramme des fréquences des charges instantanées enregistrées sur des unités de 10 000 hectares lors du vol systématique de reconnaissance (VSR) de juin 1982 (figure 1.2) (SHARMAN 1982). On constate en particulier qu'en 1982, 55 p.100 de la surface avaient une charge inférieure à 20 ha/UBT. Il faut cependant préciser que ce V.S.R. a été réalisé en fin de saison sèche, période de forte concentration des troupeaux aux environs des forages. Les charges enregistrées auraient probablement été plus homogènes en saison des pluies. En 1979-80-81, PLANCHENAULT et al. (in BARRAL 1983) ont mesuré des charges plus fortes au Ferlo sableux qu'au



Carte 1.2 - Transhumance en Mauritanie et au Sénégal durant la première moitié du XXe siècle (carte empruntée à DOUTRESSOULLE 1947)



- 1. Aires pastorales de saison humide et fraîche : période d'exploitation de fin-Juillet à mi-Février.
- 2. Aires pastorales périphériques : période d'exploitation de Novembre à Juillet.
- 3. Zones de nomadisation de saison chaude ou "aisances" : période d'exploitation de Février à fin-Juillet.

Les aires pastorales situées à la périphérie des forages (2) qui sont celles soumises à la plus longue période d'utilisation, sont partiellement délimitées par la "première ligne" de campements permanents - si l'on excepte les quelques campements situés à proximité immédiate des forages - qui constitue leur limite avec les aires pastorales de saison humide. Par contre, leurs limites avec les "aisances" sont moins nettes, mais il est remarquable que chaque forage comporte des espaces ouverts vers celles-ci, c'est à dire qu'il n'est jamais complètement entouré d'une couronne de campements permanents.

Enfin, il convient de préciser ici que cette carte n'ambitionne pas d'être autre chose qu'une tentative de représentation du type d'utilisation actuelle de l'espace pastoral autour des forages du Ferlo et que les limites entre les différentes aires pastorales ne prétendent pas à une rigueur absolue.

Carte 1.3 - Schéma d'utilisation de l'espace pastoral (BARRAL 1982)

Ferlo cuirassé.

De même, le rapport "bovins/autres espèces" (petits ruminants essentiellement, chevaux, ânes et dromadaires) est très variable comme en témoigne le diagramme de la figure 1.3 ; les petits ruminants sont plus concentrés sur les parcours proches du fleuve Sénégal. Sur 43 p.100 du territoire les bovins représentent moins de 40 p.100 de la biomasse animale et sur 35 p.100 du territoire ils en représentent plus de 75 p.100.

I.6 - Mode de gestion de l'espace (BARRAL 1983)

Avant la création des forages, le Ferlo n'était habité que pendant six mois par des populations de la région du fleuve dont le rythme des déplacements était réglé par les pluies et les décrues dans les zones inondables de la vallée du fleuve Sénégal (carte 1.2) :

- les "Peul Walo" pratiquaient des cultures de décrue en début de saison sèche, tandis que leurs troupeaux, de chèvres en particulier, exploitaient les espèces herbacées et ligneuses des zones hydromorphes. En fin de saison sèche les animaux avaient accès aux résidus de sorgho encore vert et dès les premières pluies, ces agro-pasteurs se rendaient avec leur cheptel dans leur "Romano" (campement d'hivernage) au Ferlo pour pratiquer des cultures pluviales de petit mil et exploiter les pâturages dunaires et de bas-fonds.

- les "Peul Diéri" restaient durant la saison sèche en bordure de la zone de décrue du fleuve, où leurs animaux ne se rendaient que pour s'abreuver tous les deux jours. Leurs troupeaux fréquentaient les parcours situés en bordure du Ferlo. En saison des pluies, les Peul Diéri hivernaient également dans leur "Romano" situé plus à l'intérieur du Ferlo que celui des "Peul Walo". Ils pratiquaient une agriculture pluviale et ne conservaient avec eux que les vaches laitières, tandis que l'essentiel du troupeau transhumait plus au Sud jusque dans le Djolof. Au cours de cette transhumance ils pouvaient bénéficier d'une cure salée.

L'utilisation temporaire des parcours, la faible densité de population et le droit coutumier permettaient d'éviter le chevauchement des "houroum" (1) et la surexploitation du milieu. De grands territoires étaient donc totalement inexploités, ce qui a incité l'administration coloniale à créer des points d'eau permanents.

La création des forages a provoqué l'abandon progressif de la transhumance vers le fleuve et les "Romano" sont devenus des pôles de peuplement permanents. Du fait de l'exploitation continue des parcours, les troupeaux ont effectué de nouveaux types de déplacement, assez anarchiques, d'un forage à l'autre en fonction des disponibilités fourragères.

(1) houroum : espace agropastoral de 5 à 6 km de rayon correspondant à un campement d'hivernage - (BARRAL 1983).

Tableau 1,4 - Performances zootechniques des zébus de race Gobra appartenant soit aux troupeaux traditionnels du Ferlo, soit au Centre de recherches zootechniques de Dahra et recevant pour certains une alimentation intensive

	FAYOLLE et al 1974	PLANCHENAUlt et al 1983	DENIS et VALENZA 1972 DENIS et THIONGANE 1973 DENIS et THIONGANE 1975	DENIS et VALENZA 1971 DENIS et THIONGANE 1978
	Elevage traditionnel Parcours naturels	Elevage traditionnel Parcours naturels	C.R.Z. de Dahra Parcelles clôturées de pâturages naturels	C.R.Z. de Dahra Alimentation intensive
	Enquête sur 185 trou- peaux comptant 12000 animaux en 1972 et 1973	Enquête chez 26 éle- veurs, suivi zootech- nique sur 6 troupeaux de 1980 à 1982	Contrôle zootechnique pendant 16 ans sur des effectifs qui ont varié de 276 à 630 animaux	Enregistrement des per- formances de 28 femelles reproductrices, 15 veaux et 29 vaches en croissance
REPRODUCTION				
.âge au premier vêlage en mois	48	48	45	31
.intervalles entre vêlages en mois	22,4		15,8	13
.taux de fécondité en p.100	53 à 55	53	67 à 81*	
.période optimale de reproduction	6 à 12 mois			
.production par vache durant cette période	4 veaux			
.période de vêlage	58 p.100 de juin à août 75 p.100 d'avril à août	73 p.100 de juin à oc- tobre	70 à 80 p.100 de mai à septembre 15 août au 30 novembre	33 à 43 p.100 de mai à septembre (désaisonne- ment)
. choix d'une saison de monte				
MORTALITE				
.quotient d'avortements et morts-nés en pourcentage du nombre de gestations (p.100)	5	3 à 6		
.taux de mortalité globale en p.100	13,2		2 à 10 suivant les années	
+dont 0-1 an en p.100 de veaux nés et de la mortalité globale	18,5		3,2	
+dont 1-2 an en p.100 de la mortalité globale	50		52	
.principales périodes de mortalité en p.100 de la mortalité globale	30		28	
	35 p.100 de juillet à septembre		35 p.100 d'avril à juin 27 p.100 de juillet à septembre	
EFFECTIFS ET COMPOSITION DES TROUPEAUX				
Effectif moyen	64 (écart-type : 56)			
. dont 0-1 an en p.100	22			
1-2 an en p.100	16			
femelles reproductrices	41			
.dont gestantes de moins de 5 ans		2		
" " 5 à 9 ans		60		
" " plus de 9 ans		38		
Nombre de vaches par taureau	12	20		
COMPORTEMENT PONDERAL				
	M	F	M	F
Poids en kg à la naissance			21	22
à 6 mois			96	88
à 1 an			144	129
à 2 ans			260	220
à 3 ans			364	310
des adultes	320 à 400	250 à 300		634*
Gains protidiens moyens en g/j				
de 0 à 6 mois		270	412	363
de 6 à 12 mois			264	225
de 1 à 2 ans			318	250
de 2 à 3 ans			285	246
PRODUCTION LAITIERE A LA TRAITE			328 kg en 130 jours	

* d'après DUNAS et COULOMB 1978

Actuellement, seulement 3 p.100 du cheptel retourne vers la région du fleuve en saison sèche (Peul Walo) et 10 p.100 des autres troupeaux (Peul Diéri) transhument vers le Djolof à cette période.

L'essentiel du cheptel reste donc toute l'année sur les parcours du Ferlo, cependant, lors des années exceptionnelles comme 1979 et 1984, la transhumance vers le Sud (Djolof, Sine-Saloum, Sénégal-Oriental) est la condition de survie des troupeaux.

En année normale, les parcours de saison des pluies sont situés dans un rayon de 5 à 6 km autour du "Romano", l'abreuvement se faisant dans les mares. Dès le tarissement de celles-ci, les circuits de pâturage s'organisent en fonction de la position du "Romano" par rapport au forage. L'abreuvement ayant lieu un jour sur deux, les animaux exploitent les parcours situés autour du campement le jour sans abreuvement et ceux situés entre le campement et le forage le jour suivant. En fin de saison sèche si ces parcours sont épuisés, le campement se déplace dans une zone de nomadisation plus éloignée du forage; il peut alors arriver que les animaux ne boivent qu'un jour sur trois (carte 1.3).

I.7 - Productions zootechniques

a) - Bovins

Le cheptel bovin du Ferlo est essentiellement constitué de zébus gobra, cependant les troupeaux de zébus maures sont, du fait des années de sécheresse, de plus en plus nombreux.

Le tableau 1.4 résume les principaux paramètres zootechniques mesurés sur les troupeaux traditionnels et sur ceux du Centre de Recherche Zootechnique de Dahra, ces derniers recevant ou non des compléments alimentaires.

En élevage extensif traditionnel le nombre d'animaux improductifs est élevé (40 p.100 des femelles d'après PLANCHENAUULT et al. 1983), et les performances individuelles de reproduction sont médiocres (précocité, intervalles entre vêlage). La production laitière de l'ordre de 300 kg à la traite (tableau 1.4 - figure 1.4) est très faible. Les taux de mortalité, en particulier celui des veaux de moins d'un an, sont élevés. La croissance est lente et marquée par de fortes variations saisonnières (figure 1.5).

Ces médiocres performances peuvent être améliorées par une gestion rationnelle des troupeaux et des pâturages plus faciles à mettre en oeuvre au niveau d'un ranch (tableau 1.4 - colonne 3). Les principales mesures adoptées dans ce cas sont :

- la multiplication des points d'abreuvement
- la rotation des parcelles
- l'application d'une saison de monte (DENIS et THIONAGNE 1975)
- des soins attentifs aux jeunes veaux qui bénéficient de la totalité du lait maternel (figure 1.6)

Figure 1.4 - Poids moyen de lait par vache traite après l'allaitement des veaux : par traite (--) et par jour (---); poids total de lait collecté par jour pour l'ensemble des vaches traites (1) (—) de mars 1981 à mars 1982 à Sabakoloungal (Oudalan occidental au Burkina Faso) (figure empruntée à MILLEVILLE et al 1982)
(1) de race zebu peul

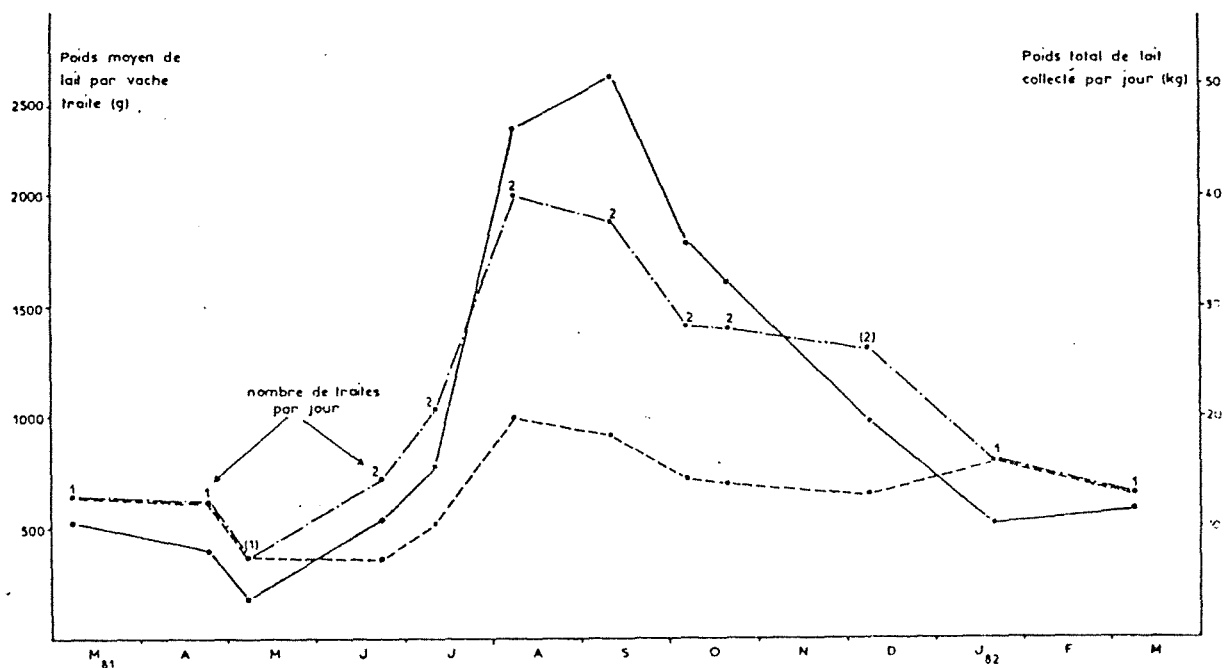
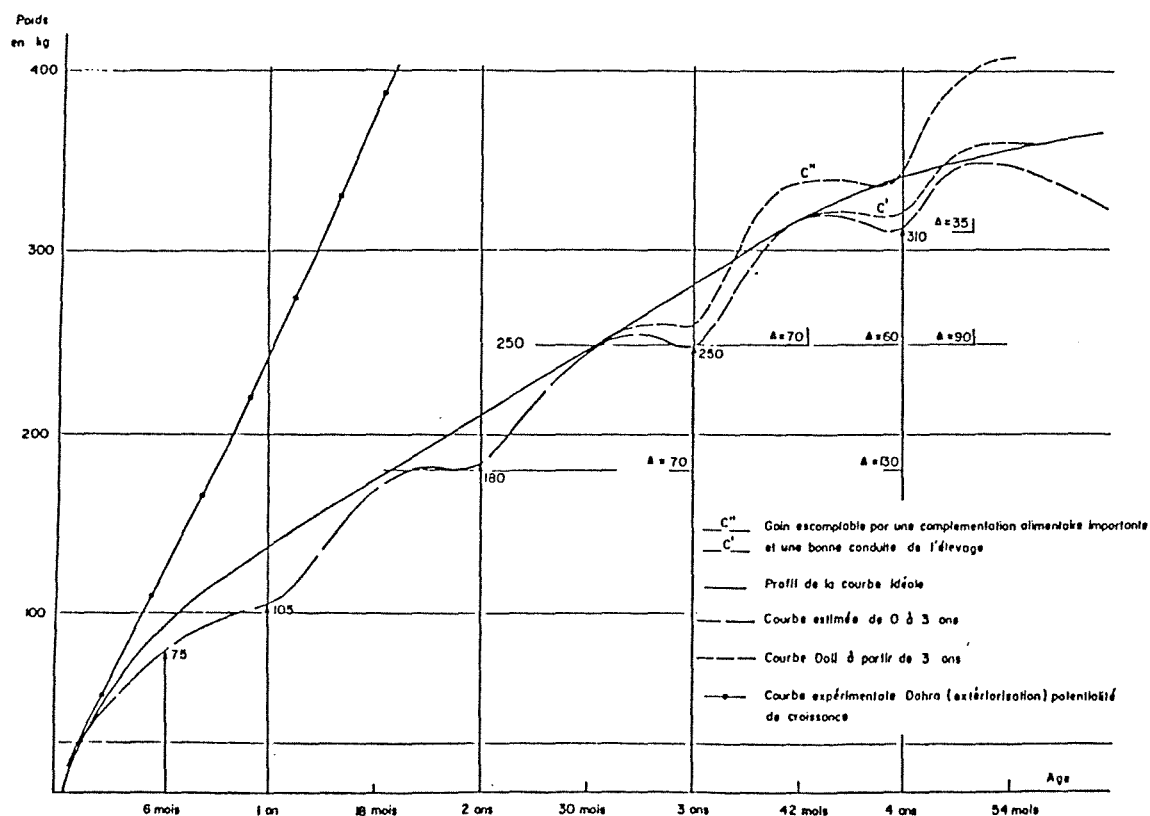
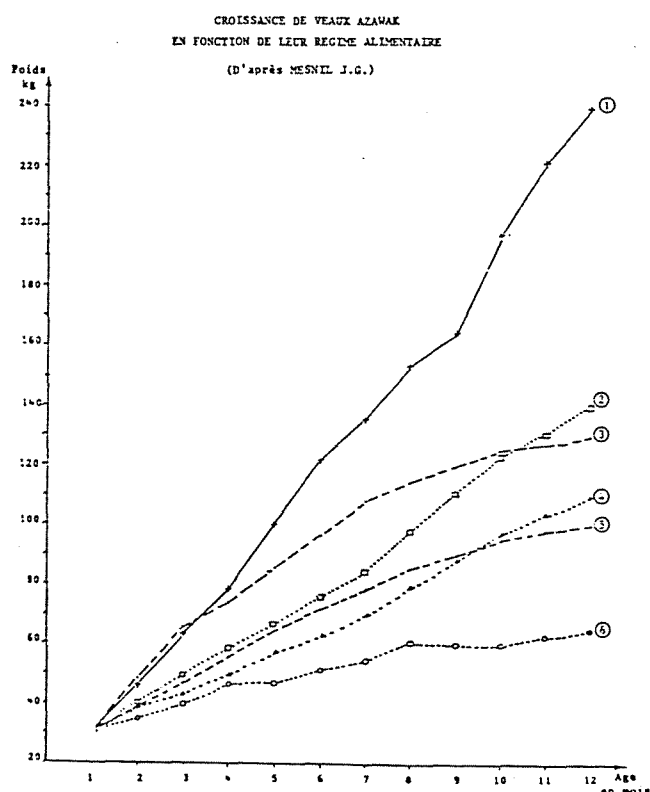


Figure 1.5 - Silhouette de la courbe générale de croissance (naissance en saison des pluies) de zébu Gobra mâles en fonction de leur régime alimentaire (DUMAS et BOSSY 1973 d'après DUMAS et COULOMB 1978)



Les effets de ces dernières mesures qui ont déjà des conséquences nutritionnelles sont augmentés par la distribution d'aliments concentrés : à titre d'exemple, les gains quotidiens moyens (G.M.Q.) de mâles recevant une alimentation intensive sont en moyenne de 640 g/j jusqu'à l'âge de 2 ans (DENIS et VALENZA 1971), ce qui témoigne des bonnes potentialités de production de viande du zébu. Cependant la faible disponibilité et le coût des aliments n'autorisent qu'une complémentation modérée dans le cadre d'opérations "d'amélioration de l'élevage extensif" telles qu'elles sont pratiquées par les sociétés de développement (SODESP - PDESO).

Figure 1.6 - Croissance de veaux Azawak nés au ranch d'Ekrafane au Niger en fonction de leur régime alimentaire (MESNIL 1977, d'après DUMAS et COULOMB 1978)



Animaux : veaux azawak nés au ranch d'Ekrafane au Niger.

Régimes :

1. Niveau fort

Veaux allaités au seau,
Sevré à 3 mois,
Complémenté ensuite avec un concentré à base,
de poudre de lait et de farine de blé,
Courbe ①

2. Niveau moyen

Veaux tétant leurs mères,
Totalité du lait réservée aux veaux,
Pas de complémentation,
Veaux nés en janvier : courbe ②
Veaux nés en juillet : courbe ③

3. Niveau faible

Veaux tétant leurs mères
(40 à 70 p.100 du lait pour le veau,
(30 à 60 p.100 du lait prélevé pour la consommation humaine,
Pas de complémentation,
Veaux nés en janvier : courbe ④
Veaux nés en juillet : courbe ⑤

4. Niveau très faible

Veaux tétant leurs mères, mais consommant moins de 0,66 l
de lait par jour,
Pas de complémentation,
Courbe ⑥

b) - Petits ruminants

Deux races de moutons sont présentes au Ferlo : le mouton maure à poil ras ou touabire et le mouton peul-peul sénégalais. Le troupeau caprin est constitué de chèvres du sahel (CHARRAY et al 1980).

La productivité des ovins et caprins de l'élevage traditionnel est étudiée dans le cadre du programme "Pathologie et productivité des petits ruminants" (PPR - IEMVT/ISRA) dont les résultats ne sont pas encore disponibles. Le tableau 1.5 donne un aperçu des paramètres zootechniques mesurés sur les petits ruminants de zone sahélienne.

Tableau 1.5 - Performances zootechniques des petits ruminants de zone sahélienne au Sénégal

	OVINS		CAPRINS	
	CHARRAY et al 1980	FAUGERE (1) comm. pers.	CHARRAY et al 1980	FAUGERE (1) comm. pers.
<u>REPRODUCTION</u>				
Age à la première mise bas en mois	11 à 16		11 à 16	
Intervalles entre mises bas en mois	10	12	8 à 9	10
Saison de mise bas	40 à 60 p.100 en SSF*	60 p.100 en SSF	68 p.100 en SSF	
Taux de fécondité en p.100	80 à 140		80 à 180	
<u>MORTALITE</u> en p.100				
Avant 1 an	25 à 50	< 25	25 à 42	< 25
Après 1 an	7 à 16	≈ 7	6 à 25	≈ 6
<u>COMPORTEMENT PONDERAL</u>				
Poids adulte en kg	30 à 60		25 à 40	
Gain quotidien moyen en g/j				
- jusqu'à 4 mois	70 à 130		60 à 80	
- de 4 à 18 mois	25 à 60		10 à 33	
- de 18 mois à 5 ans	5 à 10		6 à 15	

* Saison sèche fraîche

Conclusion :

La politique de stratification régionale de l'élevage (élevage naisseur, réélevage, embouche) et le rôle d'élevage naisseur attribué à la région sylvopastorale du Ferlo répondait au souci, en diminuant les effectifs, d'augmenter la productivité par vache reproductrice et de sauvegarder, voire améliorer, les pâturages naturels.

Les programmes de reforestation menés parallèlement avaient le même objectif.

La SODESP devait organiser le destockage des mâles et des femelles improductives, distribuer des compléments minéraux et azotés. Ces actions effectivement réalisées sont complétées par un suivi zootechnique des troupeaux et un encadrement des éleveurs. L'élevage bovin a été le premier concerné par ces mesures qui ont touché plus récemment les petits ruminants.

Après 10 années d'existence de cette politique, il faut admettre que les éleveurs ont bien accueilli le thème de la complémentation dont ils ont pu percevoir les effets, mais la commercialisation des mâles et des femelles improductives n'a pas eu l'ampleur espérée. Ceci tient sans doute aux cours pratiqués mais aussi à la réticence des éleveurs à se défaire de leur capital en cheptel vif, garant d'une certaine sécurité en cas d'épidémie ou de disette. De plus, la sécheresse ou les pannes de forage (fréquentes) contraignent de nombreux troupeaux à se déplacer sur de nouveaux pâturages. Les éleveurs, plus ou moins sédentaires, qui les fréquentent habituellement se trouvent en conséquence déresponsabilisés face aux problèmes de gestion des ressources fourragères.

On peut par ailleurs s'interroger sur la réelle capacité d'accueil des régions agropastorales : de nombreuses petites régions déjà surchargées par leur cheptel sédentaire doivent en plus accueillir des effectifs importants de bétail transhumant, lors des années à faible pluviométrie en particulier. Or, une part importante des ressources fourragères de ces régions est constituée de paille grossière (mil, maïs, sorgho) à faible valeur nutritive, alors que les sous-produits nobles, comme les fanes d'arachide, sont commercialisés dans les villes pour l'élevage urbain, des petits ruminants en particulier.

Une évolution favorable de l'élevage en zone sylvo-pastorale serait donc probablement plus stimulée par :

- une meilleure organisation et un contrôle de la commercialisation du cheptel et des aliments concentrés en s'appuyant sur les circuits traditionnels.
- la mise en oeuvre d'une réglementation précisant les effectifs de cheptel autorisés et les périodes d'exploitation des pâturages. La fermeture de certains forages, par exemple dans les zones de reforestation ou dont on souhaiterait restaurer la strate herbacée, serait une mesure certes efficace, mais politiquement délicate.

Remarque : Plusieurs points de cette conclusion traduisent l'opinion de P. LHOSTE (communication personnelle).

CHAPITRE II

DESCRIPTION DU DISPONIBLE FOURRAGER

L'étude de la composition floristique et de la productivité des pâturages peut avoir plusieurs objectifs. Le premier est d'élaborer des cartes de potentialités des parcours indiquant outre les conditions édaphiques et la répartition des groupements végétaux, la capacité de charge (exprimée en hectares par UBT) calculée à partir de la production primaire estimée et de nombreuses approximations (consommation, refus, gaspillage par le piétinement, destruction naturelle...).

Les années de sécheresse, la croissance démographique et la mobilité du cheptel rendent ces cartes d'une utilisation difficile ; elles constituent cependant de précieux documents de base.

Actuellement, des techniques basées sur la télédétection spatiale (photo-satellites) et l'étalonnage des clichés au sol se développent ; elles permettent de faire l'estimation de la production primaire en fin de saison des pluies. Leur généralisation à l'échelle nationale ou régionale devrait permettre, à terme, de faire le bilan de la production des pâturages en fin d'hivernage : l'objectif est en particulier de prévoir, localiser et chiffrer les déficits en fourrage lors des années à pluviométrie insuffisante ou irrégulière, identifier les zones ayant un bilan fourrager excédentaire, organiser les déstockages et les déplacements de troupeau nécessaires au maintien de la productivité ou tout simplement de la survie du cheptel. La systématisation de ces bilans peut contribuer à la mise en place d'un mode de gestion rationnelle des écosystèmes pastoraux et, par voie de conséquence, au maintien des sociétés pastorales dans leur milieu.

Parallèlement à ces travaux de portée générale, il est important de poursuivre des études fines de végétation visant particulièrement à analyser et expliquer la dynamique phytosociologique et les variations de la productivité. Les facteurs climatiques, édaphiques et anthropiques doivent être étudiés sur des périodes courtes (saisons des pluies, saisons sèches) ou longues si les documents anciens sont disponibles et suffisamment précis (26 ans : DE WISPELAERE - 1980).

Le plus souvent, ces études sont consacrées à un ou plusieurs facteurs (sol, pluie, surpâturage, etc..) et à leurs interactions mais elles prennent rarement en compte l'utilisation effective, très hétérogène, du parcours par les animaux ; or cette démarche est indispensable à l'estimation d'un disponible fourrager réel. L'échantillonnage devient en effet beaucoup plus complexe et la précision des observations est affectée lorsqu'en plus des critères classiques, il faut tenir compte des circuits de pâturages,

aux contours différents pour chaque troupeau, variables avec les saisons et dont l'utilisation n'est proportionnelle ni à la surface, ni au stock de fourrage disponible ni au temps de séjour des animaux. Ce problème est plus facile à résoudre sur les parcours de montagne où le domaine pastoral est souvent "fermé" (en général une vallée) et où le relief permet des mesures par observation directe des déplacements et des activités des animaux.

Il est alors possible d'estimer par des méthodes cependant assez lourdes, le temps et l'intensité d'utilisation de chaque unité de pâturage (FAVRE 1978 ; BALENT et GIBON 1986). Sur parcours de zones arides, DICKO (1980a) au Mali, SCHWARTZ et SAID (1981) au Kenya poursuivaient le même objectif, avec des méthodes plus légères et moins précises, en effectuant des observations tout au long du trajet quotidien suivi par les troupeaux. Le travail de TRAORE (1978) au Mali était plus ambitieux : il consistait à enregistrer, tout au long d'un cycle de transhumance d'une envergure de 150 km, des données sur la composition floristique de la végétation et sur la biomasse disponible. Ces observations sont très intéressantes car elles permettent de rendre compte de la diversité des situations que rencontre le troupeau soumis aux modes de conduite traditionnels. Cependant, ces situations sont tellement variées et les paramètres caractérisant la végétation et le comportement des animaux tellement fluctuants, qu'il est difficile de dépasser à l'aide de ces suivis le niveau de la simple description et de constats assez globaux.

Dans le cadre des études sur les relations "animal-végétation", il s'agit donc de trouver un compromis entre des études de végétation très fines mais très lourdes si elles doivent prendre en compte les déplacements du troupeau et le temps d'utilisation de chaque type de pâturage et de simples descriptions qualitatives du calendrier fourrager.

Quoiqu'il en soit, les observations de base seront les mêmes que celles classiquement utilisées par les pastoralistes, même si on cherche toujours à les adapter au problème posé : l'étude de l'interface "animal-végétal".

BOUDET (1975) et GROUZIS (1982) ont proposé une méthodologie adaptée à l'étude des pâturages naturels tropicaux. Rappelons succinctement la marche à suivre et les principales méthodes qu'ils préconisent.

II.1 - Echelle d'étude

L'échelle de l'étude est fonction des objectifs, très variés comme nous l'avons vu. On peut cependant les regrouper sous les vocables "recherche" ou "développement". S'il s'agit de développement, on recherchera en général à déterminer la capacité de charge annuelle et saisonnière des différents types de parcours identifiés à l'intérieur d'une région naturelle ou administrative, d'une zone d'endodromie, de l'aire de desserte d'un forage ou de la parcelle d'un ranch. La précision de l'étude sera fonction de l'importance des moyens mis en jeu par rapport à la surface à étudier.

Si les moyens le permettent, l'étude pourra se pencher sur des problèmes de recherche, même si ce n'était pas sa vocation première ; dans ce cas l'étude fine de tel ou tel facteur pourra être entreprise.

Les principaux objectifs de recherche sont l'identification des facteurs déterminant la dynamique de la végétation sur le plan phytosociologique et de la production de biomasse et la mise au point de méthodes simples de la prévision, à partir des données pluviométriques en particulier, de la production des pâturages. On travaillera alors sur des stations échantillons de quelques hectares.

II.2 - Types de végétation

Une fois les objectifs et le secteur d'étude définis, il faut réunir la documentation existant sur la région : photographies aériennes anciennes et récentes si possible, données climatiques, cartes géologiques, pédologiques, d'occupation des sols et, si elles existent, des études de végétation plus anciennes.

Cette documentation confrontée aux observations de terrain permet de faire des esquisses de cartes intégrant les différents types de végétations (steppe arbustive, etc...) à d'autres critères, édaphiques et humains par exemple.

A partir de ces esquisses, on regroupe les unités d'aspects semblables en zones homologues.

Il faut donc dans un premier temps, identifier et décrire les types de végétation. Leur classification repose sur plusieurs catégories de critères, en général combinés (in BOUDET 1975 et 1984a):

- physionomiques : steppe ou savane, herbeuse, arbustive, arborée ou boisée, etc...
- biologiques : liés en général au mode de reproduction des espèces herbacées (classification de RAUNKIAER in BOUDET 1984). Pour simplifier, nous retiendrons qu'il existe des espèces annuelles et pérennes et que dans les pâturages sahéliens ces dernières sont très rares.
- morphologiques : tenant compte de la forme et de la taille de la végétation herbacée.

Ces divers paramètres peuvent être combinés entre eux pour élaborer des diagrammes de description structurale de la végétation (DESCOING 1971 d'après BOUDET 1984a).

II.3 - Analyses phyto-écologiques du couvert herbacé

Cependant, il semble que les auteurs préfèrent s'arrêter à des classifications physiologiques simples et privilégier les études phyto-écologiques. Les analyses phyto-écologiques ou floristico-écologiques consistent à étudier les caractéristiques qualitatives (inventaire des espèces présentes) et quantitatives (importance relative des espèces) des strates herbacées et ligneuses.

Au plan qualitatif, BOUDET (1984) recommande d'établir une liste floristique aussi exhaustive que possible, le rôle des espèces secondaires pouvant rapidement évoluer avec le temps. En zone guinéenne, par exemple, 64 m² sont nécessaires (courbe "aire-espèces" établie de 0,25 à 256 m²) pour réaliser un inventaire complet des espèces (CESAR et POISSONET 1972), mais ces auteurs définissent une "aire optimale agronomique" de 2,5 m² suffisante pour déterminer les espèces principales (16 p.100 de l'ensemble des espèces) qui participent à 85 p.100 de la biomasse totale.

L'effectif, l'emplacement et la taille minimale des stations-échantillons servant à l'analyse quantitative sont fonction de l'hétérogénéité de la végétation à l'intérieur de la zone d'étude (nombre de types de végétation identifiés) et à l'intérieur de chaque type de végétation.

GROUZIS (1982) distingue l'échantillonnage subjectif à partir des impressions d'homogénéité, l'échantillonnage au hasard, l'échantillonnage systématique le long de transects (à partir d'un forage par exemple) ou à partir du maillage d'un support cartographique, l'échantillonnage stratifié à partir de la cartographie des sols et des types de végétation. En général, les auteurs pratiquent un échantillonnage mixte qui s'est révélé être le plus performant : il consiste à stratifier une région, puis à choisir au hasard les zones appartenant à chaque type de végétation et enfin à procéder à un échantillonnage systématique à l'intérieur de celles qui sont retenues. Cette méthode est apparentée au "cluster sampling" qui est un échantillonnage à deux niveaux préconisé par MAC INTYRE (1978) pour les pâturages de grande dimension à chargement faible (5 à 10 hectares par tête de bétail).

Dans le cas particulier des circuits de pâturage en élevage extensif, on peut envisager un échantillonnage systématique, l'itinéraire étant considéré comme un transect, en utilisant une échelle de temps (DICKO 1980a) et/ou une échelle de distance (SCHWARTZ et SAID 1981), éventuellement pondérées par l'intensité de pâturage des animaux, variable au cours du nyctémère.

De nombreuses possibilités existent, elles ont été assez peu expérimentées dans le cas des circuits de pâturages et, de ce fait, ne sont pas standardisées.

Après avoir constitué l'échantillon, il faut choisir une technique de relevé pour la végétation ligneuse d'une part et la végétation herbacée d'autre part.

a) Techniques de relevés appliquées au couvert herbacé

Les relevés sont parfois appliqués à des surfaces mais sont plus souvent linéaires. Leur taille fonction de la structure et de l'homogénéité de la végétation varie entre 1 et 4 m² et 2 et 20 mètres respectivement.

Le relevé doit comporter des observations relatives à la topographie, l'occupation du sol, la structure de la végétation..

Les méthodes de relevés phytosociologiques sont en perpétuelle évolution. La détermination de "l'abondance numérique" des espèces consiste à dénombrer les "unités-talles" présentes sur des placeaux avec la possibilité de peser le poids total de chaque espèce (GILLET 1961). Outre le caractère fastidieux de cette méthode, elle est d'une application difficile dès que la végétation est dense, enchevêtrée et sèche.

La méthode "d'abondance-dominance" (BRAUN-BLANQUET 1932 in BOUDET 1984) est non destructrice, elle prend en compte l'effectif des individus et leur développement quantifié par leur recouvrement du sol exprimé en p.100 de la surface. En effet, une espèce, par exemple *Polycarpha linearifolia* peut être représentée par de nombreux sujets et ne recouvrir que faiblement le sol. Inversement des graminées au port étalé auront un recouvrement important. On peut combiner à l'échelle de BRAUN-BLANQUET des notes de répartition particulière (ombre, soleil, ...) (BOUDET 1984).

DAGET et POISSONET (1971) justifient la méthode des "points quadrats alignés" par les difficultés d'application et surtout le manque de précision des méthodes décrites précédemment : la méthode des points quadrats alignés est adaptée à des analyses quantitatives fines et à des tests statistiques.

La méthode consiste à recenser les "présences" des espèces à la verticale de points de visée ($n = 50$ à 100) disposés régulièrement le long d'une ligne (2 à 20 mètres). Le matériel et la technique d'observation varient avec le type et surtout la taille de la végétation.

A chaque point de visée, toute espèce rencontrée au cours du relevé est notée en "présence", on lui attribue alors la valeur 1 , ou en "absence" affectée de la valeur 0 . La présence de chaque espèce n'est comptée qu'une fois, même si elle touche plusieurs fois la tige métallique matérialisant le point de visée.

En sommant les observations (N), on peut calculer pour chaque espèce :

- sa fréquence spécifique (FS) : nombre de points où l'espèce est présente.
- sa fréquence centésimale (FC) : fréquence spécifique exprimée en pourcentage du nombre de points échantillonnés :

$$FC = \frac{FS}{N} \times 100$$

Si N est élevé, FC exprime aussi le recouvrement du sol par l'espèce considérée.

- sa contribution spécifique (mode habituel de présentation des résultats) : rapport entre sa fréquence spécifique et la somme des fréquences spécifiques de toutes les espèces.

$$CS = \frac{FS}{\sum_{i=1}^n FS_i} \times 100 \text{ pour } n \text{ espèces présentes}$$

L'espacement des points et la taille des relevés sont fonction de la taille et de la structure de la végétation : 50 points espacés de 4 cm sur une pelouse de zone tempérée, 100 points espacés de 20 cm sur une steppe sahélienne. Le nombre de lignes est déterminé par la précision souhaitée : GROUZIS (1982) et BOUDET (1983) préconisent pour les pâturages sahéliens 500 points de lecture sur 5 lignes. La contribution spécifique des espèces dominantes peut ainsi être déterminée avec un intervalle de confiance :

$$\pm \frac{2 \sqrt{n (N - n)}}{N^3}$$

proche de 5 points, limite acceptable de précision éliminant les effets du hasard (BOUDET 1984b).

Suivant les objectifs et le temps dont on dispose, on choisira donc des méthodes rapides et moins précises inspirées du principe "d'abondance - dominance", ou des méthodes basées sur les cotes de "présence-absence" (point quadrat). C'est ainsi que BILLE (1977) a associé dans la même étude les deux méthodes : 60 plots de 0,25 m² étudiés en abondance-dominance et 200 m de lignes fixes en "présence-absence" pour des analyses plus fines.

b) Comparaison de relevés

Plusieurs types de parcours peuvent être comparés grâce aux coefficients de communauté, par exemple celui de JACCARD (BOUDET 1984a)

$$P_j = \frac{c}{a + b - c} \times 100$$

ou celui de SORONSEN (GROUZIS 1982) :

$$P_s = \frac{2c'}{a + b} \times 100$$

où a = nombre d'espèces présentes dans le relevé 1.

b = nombre d'espèces présentes dans le relevé 2

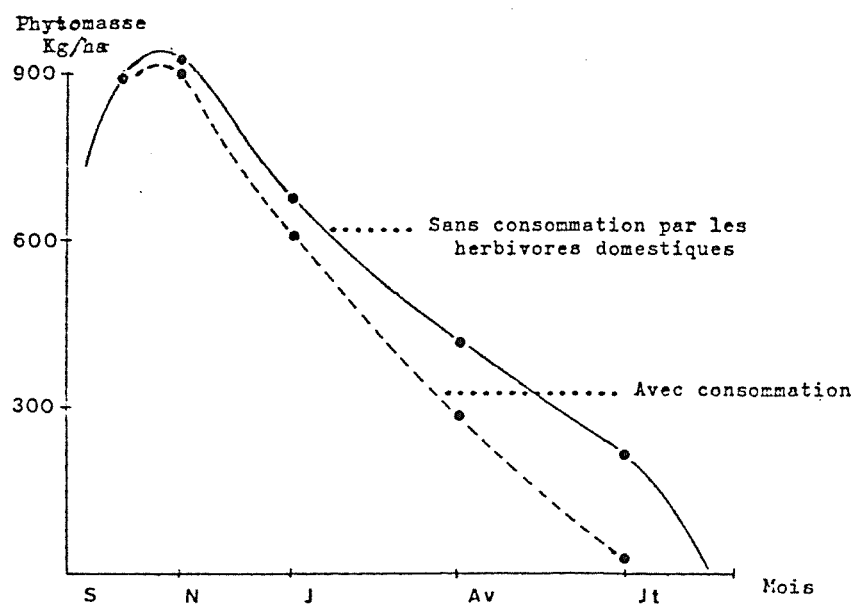
c = nombre d'espèces communes aux 2 relevés

P est un pourcentage d'espèces communes à deux relevés par rapport aux espèces particulières à chacun des deux relevés, calculé différemment par JACCARD et par SORONSEN.

Les relevés obtenus par la méthode des points quadrats alignés peuvent être l'objet de tests de χ^2 ce qui permet de comparer des traitements :

- composition floristique en début et en fin d'hivernage
- effet du pâturage, du feu, de la mise en défens, ...
- variations interannuelles, etc...

Figure 2.1 - Evolution de la biomasse végétale d'un écosystème sahélien en saison sèche (figure empruntée à BILLE - 1977)



II.4 - Productivité de la végétation herbacée

La biomasse herbacée produite au cours d'une saison des pluies n'est pas disponible en totalité pour l'alimentation des herbivores : la dégradation naturelle par les prédateurs et les décomposeurs atteint 100 kg de matière sèche par hectare et par mois en saison des pluies et, sur l'ensemble de l'année, peut atteindre 800 kg/ha. Elle est souvent supérieure à la consommation par les animaux comme en témoigne la figure 2.1 (BILLE 1977).

Il est possible d'analyser la productivité par unité de temps et les différents flux de disparition du fourrage en séparant le matériel mort du matériel vert ou en procédant à des coupes périodiques etc... suivant la méthode de WIEGERT et EVANS décrite par BILLE (1977).

Cependant s'il s'agit de déterminer la quantité de fourrage disponible pour le bétail en saison sèche, tous les auteurs utilisent le "standing-crop" défini par les anglophones comme la biomasse aérienne totale disponible en général en fin de saison des pluies ou en début de saison sèche. Les prélèvements sont, le plus souvent, faits au ras du sol; en effet, une coupe à 3 ou 5 cm, adaptée aux prairies de zone tempérée, ne l'est pas au pâturage sahélien car en saison sèche une grande partie du fourrage est à l'état de paille brisée à la surface du sol (litière) et est pourtant potentiellement consommable par les animaux.

L'échantillonnage peut être fait suivant les mêmes principes que pour les analyses de végétation (GROUZIS 1982, MAC INTYRE 1978).

Les mêmes auteurs indiquent la marche à suivre pour déterminer le nombre, la taille, la forme des prélèvements aussi bien pour des dispositifs expérimentaux que pour des suivis, en fonction de la précision optimale souhaitée. Les méthodes d'estimation de biomasse sont donc aussi variées que les situations rencontrées. Citons-en quelques uns à titre d'exemple :

- pour étudier 100 hectares, BILLE (1977) a procédé à 240 prélèvements de 0,25 m² répartis au hasard.

- KLEIN (1981) a estimé la productivité de parcelles de 65 hectares en procédant à 80 prélèvements de 1 m² le long de quatre transects choisis au hasard.

- BOUDET (1983) estime la production moyenne de ses stations-échantillons couvrant 2 à 4 hectares, avec 30 prélèvements de 1 m² répartis suivant un plan systématique.

- GROUZIS (1984) au Burkina Faso a utilisé le même nombre de prélèvements.

Le coefficient d'imprécision ($\frac{IC}{\bar{X}} \times 100$) (1) qui caractérise l'esti-

(1) coefficient d'imprécision ou précision (P) suivant les auteurs :

$$\frac{\text{Intervalle de confiance (IC)}}{\text{moyenne } (\bar{X})} \text{ pour } \alpha = 0,05$$

mation du rendement est, pour ces auteurs, compris entre 10 et 20 p.100. BREMAN et al. (1982) enregistrent des coefficients de variation (2) plus élevés lorsque les rendements sont plus faibles : $CV \approx 25$ p.100 (imprécision de 15 p.100) pour des rendements inférieurs à 500 kg de matière sèche par hectare; et $CV \approx 15$ p.100 (imprécision de 9 p.100) pour des rendements supérieurs à 2000 kg. Ces mêmes auteurs ont enregistré une diminution de coefficient de variation de 5 points en doublant le nombre de prélèvements (24 au lieu de 12).

Dans le cas d'une végétation particulièrement hétérogène, les histogrammes représentant la productivité des placeaux sont en général dissymétriques et les paramètres statistiques mentionnés ci-dessus ne peuvent être calculés qu'après avoir effectué un changement de variable ($X' = \sqrt{x+1}$) permettant de normaliser les données (BOUDET 1983). Ce changement de variable a également l'avantage d'être adapté à une végétation homogène. Les coefficients d'imprécision qui affectent les moyennes des données transformées sont de l'ordre de 5 à 10 p.100 avec 30 prélèvements.

Les prélèvements de 1 m² sont bien adaptés aux conditions de travail (placeaux et balances portatifs) et à la végétation en zone sahélienne; ils sont plus petits que ceux préconisés par ROBERGE et DENIS (1985) pour les graminées fourragères cultivées intensivement (*Panicum maximum* : 20 prélèvements de 4 m²; coefficient d'imprécision 20 p.100) ou que ceux que l'on pratique en zone soudano-guinéenne sur une végétation plus développée (hauteur de 150 à 200 cm).

Lorsqu'il s'agit de mesurer le disponible fourrager sur le lieu de pâturage les auteurs appliquent les mêmes méthodes sur des stations-échantillons choisies comme nous l'avons vu précédemment (TRAORE 1978; SCHWARTZ et SAID 1981), ou font des prélèvements au hasard au milieu du troupeau en utilisant par exemple un anneau (THERIEZ 1972 cité par CHAZAL 1977) ou un placeau d'un mètre carré (DICKO 1980b).

Les méthodes appliquées à l'estimation de la biomasse consommée par les animaux au pâturage (prélèvements avant et après le passage du troupeau, utilisation de cages de mises en défens - WADDINGTON 1971) sont inadaptées aux parcours extensifs car, comme nous l'avons vu, la végétation est trop hétérogène et les charges instantanées sont en général très faibles. Il est donc peu probable d'enregistrer une diminution significative (3) de la quantité de fourrage sur des périodes assez courtes pour pouvoir éliminer les autres facteurs de disparition du fourrage (destruction naturelle, etc ...).

Les estimations indirectes de la productivité des pâturages font appel à d'autres mesures que celle de la biomasse sur des placeaux. L'utilisation des méthodes indirectes nécessite la mise au point préalable de relations entre tel ou tel paramètre et la production :

- les mesures radiométriques reposent sur la mesure de la réflectance du rayonnement solaire, proportionnelle à la biomasse végétale. Ces méthodes sont intéressantes car elles permettent de faire rapidement un grand nombre de mesures, mais elles en sont encore à une phase de mise au point car elles sont difficiles à standardiser (GROUZIS 1982).

(2) coefficient de variation : $\frac{\text{écart-type}}{\text{moyenne}}$

(3) la diminution est inférieure à l'imprécision des mesures

- les estimations à partir des données pluviométriques : les relations entre la biomasse produites et les pluies totales pour une année sont peu précises (BOUDET 1983); par contre celles qui tiennent compte de la répartition des pluies dans le temps, et des bilans hydriques (calcul de l'indice de pluies utiles) semblent riches de promesses (DANCETTE 1976 cité par GROUZIS 1982, BOUDET 1983).

- BOUDET (1983) a tenté de mettre au point une méthode faisant intervenir la hauteur moyenne de végétation et le taux de recouvrement du sol le long de transects caractérisés par ces deux paramètres à l'aide d'un topofil. Si cette méthode offrait une précision suffisante et était standardisable, elle semblerait tout à fait adaptée à la mesure de la biomasse disponible le long des circuits de pâturage.

II.5 - Caractérisation et production fourragère de la végétation ligneuse

En général, la végétation ligneuse est étudiée par inventaire exhaustif des individus présents sur des parcelles d'un hectare soit circulaires, soit carrées.

Comme pour le tapis herbacé, l'échantillonnage peut être systématique (PIOT et al. 1980 : quadrillage d'une carte de végétation par unité de 100 hectares, échantillon de 1 hectare à chaque noeud) ou stratifié (KLUG 1982).

Chaque sujet est enregistré avec sa hauteur et son diamètre à la base, plutôt qu'à 120 cm, car la végétation ligneuse, le plus souvent buissonnante, est ramifiée depuis la base du tronc.

Le peuplement de chaque espèce est ensuite caractérisé par des effectifs décomposés en classe de diamètre et de hauteur.

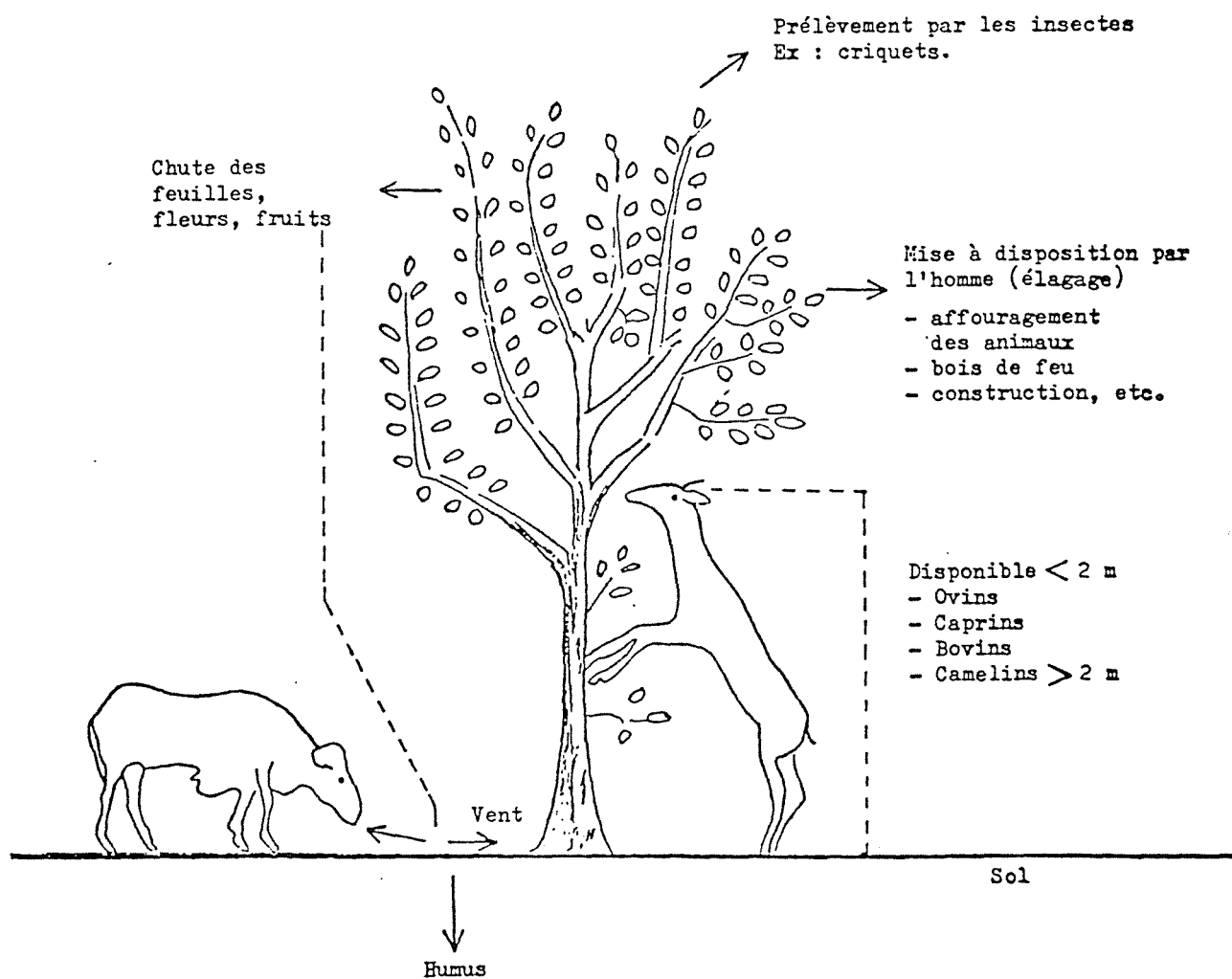
Ces inventaires permettent, à partir des cartes de végétation donnant les moyennes et les répartitions des espèces principales (POUPON 1980), de mettre au point des équations caractérisant la structure de la population. Ce critère est très important, car il témoigne, pour chaque espèce, de sa faculté de régénération ou de sa régression.

Les espèces les plus importantes sont étudiées plus finement du point de vue de leur phénologie (figure 2.2).

La production fourragère des ligneux est difficile à estimer; elle comprend :

- les feuilles dont la croissance est plus étalée dans le temps que celle de la végétation herbacée : la croissance foliaire des ligneux, non synchrone pour toutes les espèces, déborde largement la saison des pluies ; en effet, les variations de l'hygrométrie (20 p.100 en mars - avril - 50-60 p.100 en mai-juin et octobre-novembre - plus de 80 p.100 de juillet à septembre) induisent, avec celles de la durée d'éclairement, la croissance foliaire et la floraison (POUPON 1979).

Figure 2.3 - Devenir de la biomasse foliaire
(figure empruntée à PIOT et al 1980)



49 % de la biomasse foliaire sont consommés par les animaux.
51 % ne sont pas utilisés pour l'affouragement direct.

- les jeunes rameaux, les fleurs, les fruits, les gousses, des Mimosacées (*Acacia*) en particulier, constituent des fourrages d'appoint non négligeables. Les gousses sont d'ailleurs commercialisées le long des routes. Les écorces sont parfois consommées (*Calotropis procera*).

Cependant, seule la production de feuilles est estimée dans les différentes études. PIOT et al. (1980) estiment la production de feuilles en sommant le disponible mesuré en fin de saison des pluies (septembre-octobre) et celui de la période de soudure (mai-juin).

La production de feuilles est estimée soit de manière destructrice (PIOT et al. 1980; POUPON 1980) en récoltant toutes les feuilles après abattage, soit en pesant la production de rameaux calibrés (CISSE 1981, MEURET 1983). Cette dernière méthode permet aussi d'étudier la dynamique de la production et sa répartition au cours des mois (HIERNAUX 1980).

Il est difficile d'estimer la production foliaire effectivement disponible pour le bétail qui dépend bien sûr de l'appétabilité des espèces présentes et de leur accessibilité pour les animaux (PIOT et al. 1980 - figure 2.3 ; MEURET 1983).

L'intensité d'exploitation par ébranchage, broutage, etc... influence également la production : CISSE (1980) et HIERNAUX (1980) ont étudié ces facteurs en simulant le broutage par un effeuillage manuel.

Une fois déterminé le niveau de production pour les principales espèces en fonction de leur taille ou de leur âge, il est possible d'estimer la production de fourrage ligneux d'un pâturage en multipliant les productions individuelles par les effectifs de chaque catégorie : par exemple pour un peuplement de 36 sujets par hectare sur glakis et dunes sahéliens, PIOT et al. (1980) estiment la production de feuilles à 30-40 kg de matière sèche et, dans la même région, celle de bas-fonds portant 163 sujets par hectare à 225 kg.

Conclusion :

La plupart des méthodes évoquées ci-dessus sont utilisées dans le but de caractériser à différents niveaux d'échelle (de la région à la parcelle échantillon) et différents niveaux de précision, la végétation herbacée et ligneuse.

L'accent est surtout mis sur la phytosociologie et la production totale de biomasse en fin de saison des pluies ainsi que sur leur évolution sous l'effet des facteurs climatiques et zooanthropiques.

L'estimation par télédétection de la phytomasse totale disponible en début de saison sèche ou sa prévision à partir des données pluviométriques s'améliorent rapidement et constituent de précieux outils de développement.

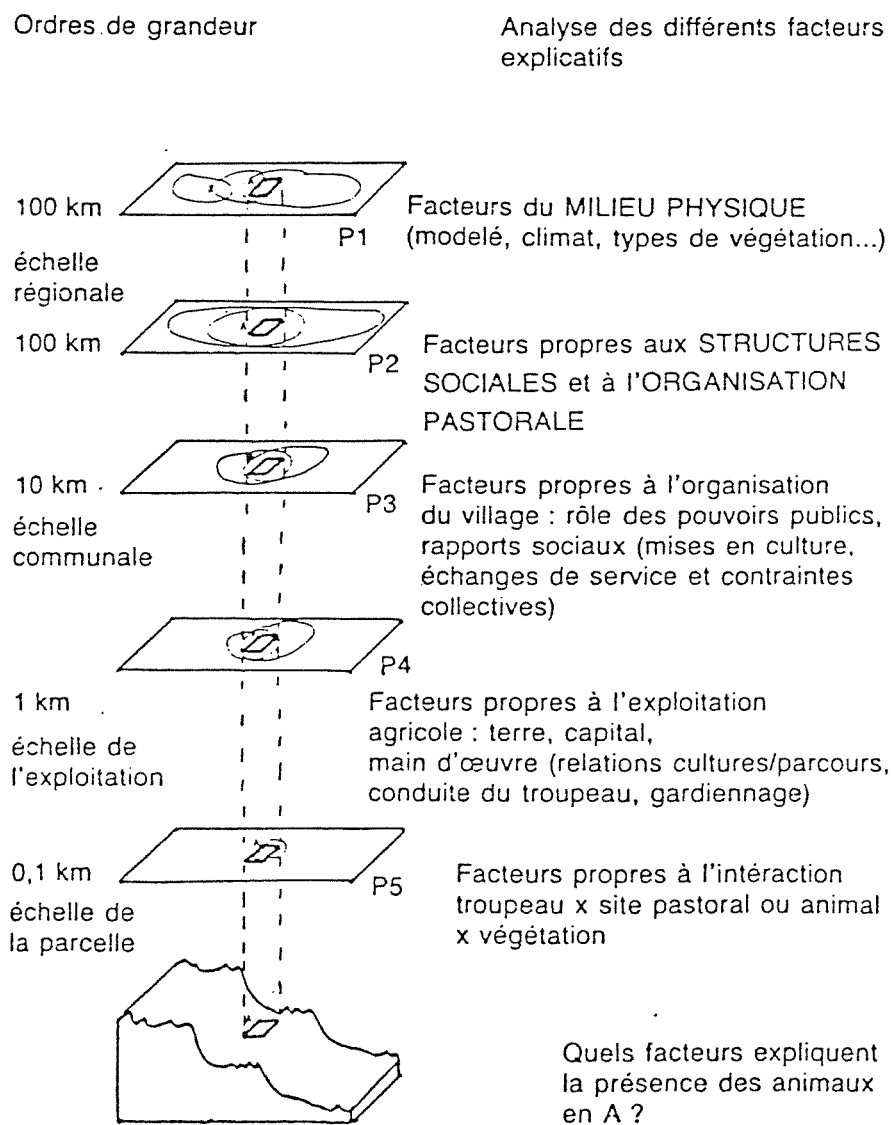
Le zootechnicien, par contre, est embarrassé dans son souci d'appréhender l'utilisation effective des parcours naturels par le bétail : les contraintes nutritionnelles limitant les productions animales devraient être identifiées avec plus de précision à l'aide de bilans fourragers saisonniers.

De tels bilans fourragers nécessitent la mise au point d'une méthodologie synthétique prenant en compte :

- . plusieurs niveaux d'échelle
- . la végétation herbacée et ligneuse ainsi que leur accessibilité, fonction de la distance des points d'eau et de la hauteur de la strate ligneuse.
- . la quantité minimale de pailles devant rester au sol en saison sèche pour assurer sa protection contre l'érosion éolienne et hydrique.
- . les facteurs de variation de la charge qui est très hétérogène (gradient en fonction de la distance du forage, bas-fonds, types de végétations plus ou moins riches en espèces appréciées, etc...).

Les méthodes visant à accroître les connaissances relatives au dernier point sont exposées au chapitre suivant. Cependant, leur valorisation, ainsi que celle des études de végétation, par la mise au point de meilleures méthodes de gestion des parcours, nécessite une réflexion pluridisciplinaire peu développée jusqu'ici. D'ores et déjà, on peut dire que cet axe de recherche pose des problèmes méthodologiques et qu'ils sont plus aigus en milieu agropastoral, où il faut tenir compte également des résidus de récolte et de la végétation adventice, que sur parcours naturels.

Figure 3.1 - Intégration des facteurs explicatifs des déplacements des animaux



(BOURBOUZE 1986)

CHAPITRE III

METHODES D'ETUDE DU COMPORTEMENT ET DES PREFERENCES ALIMENTAIRES DES RUMINANTS DOMESTIQUES AU PATURAGE

Introduction

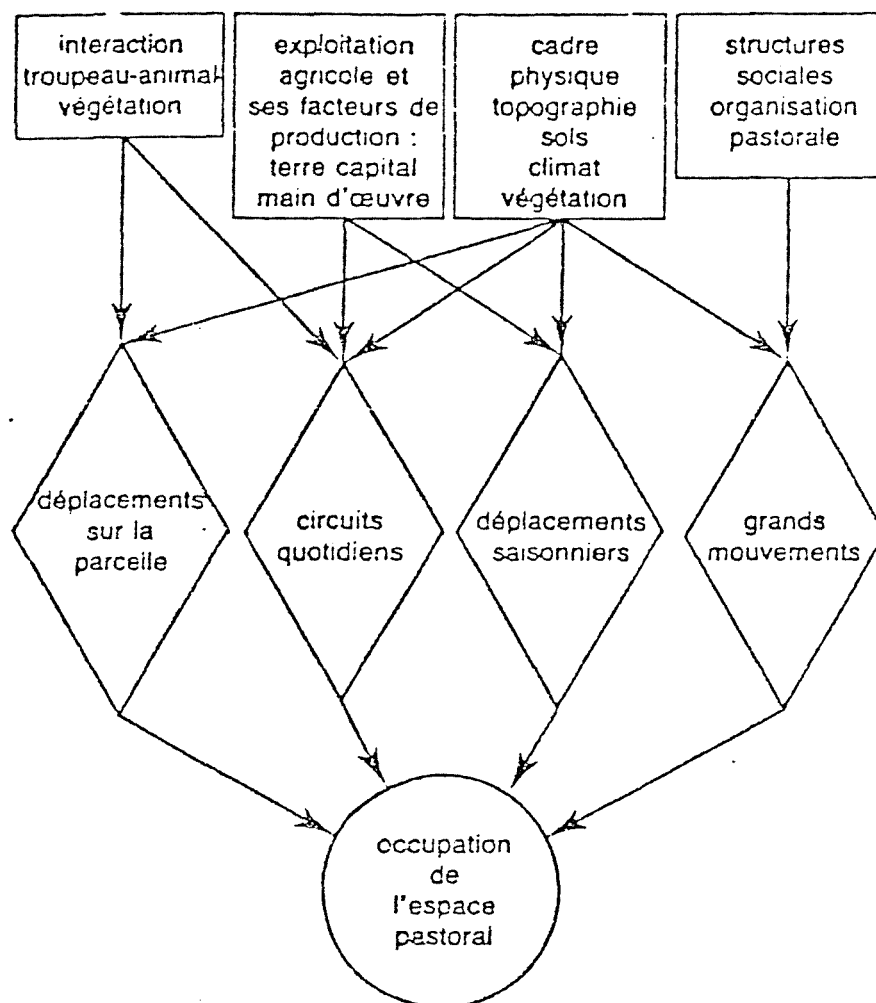
L'étude du comportement alimentaire et mérycique des animaux en stabulation permet de comprendre le rôle de la *mastication* dans la digestion et de relier les paramètres caractérisant l'*ingestion* et la *rumination* à la valeur alimentaire des rations (DULPHY et al - 1979). Les paramètres caractérisant le comportement au pâturage sont plus nombreux et soumis à de multiples facteurs de variation ; leur enregistrement, le traitement et l'interprétation des mesures sont donc beaucoup plus complexes et moins précis. Le *déplacement*, par exemple, est essentiellement déterminé par la quête de nourriture et d'eau, mais aussi par la recherche d'un abri en fonction des conditions météorologiques, par le mode de conduite des bergers lié aux pratiques des éleveurs (traite, allaitement des veaux, parcage nocturne, etc...). De même, la *composition botanique du régime* est partiellement fonction des ressources fourragères, mais aussi de l'exploitation privilégiée de telle ou telle zone de pâturage liée, par exemple, à la proximité du lieu d'abreuvement ou de mangeoires contenant des compléments alimentaires, du comportement plus ou moins sélectif des ruminants, de la complémentarité ou de la concurrence qu'exercent entre elles les espèces animales pour l'utilisation de l'espace, etc...

De même que le comportement est fonction de nombreux facteurs, ses variations ont des conséquences très diverses qui concernent par exemple :

- les quantités ingérées et la valeur nutritive des rations consommées au pâturage,
- les besoins d'entretien des animaux (CLAPPERTON 1964 d'après MATHIEU 1981),
- la dynamique des parcours en ce sens que le mode d'exploitation favorise leur amélioration, ou conduit à leur dégradation (BOUDET et al. 1983).

Le comportement est l'expression d'une somme d'habitudes naturelles traduisant l'adaptation des animaux à leur milieu et, pour les animaux domestiques, des actions éventuelles des bergers sur le troupeau. Avant de concevoir, tester et proposer des modifications de la gestion des pâturages ou du mode de conduite du cheptel, il faut s'efforcer de bien analyser l'ensemble des facteurs qui déterminent les habitudes des animaux et les pratiques des éleveurs (figure 3.1).

Figure.3.2 - Différents champs d'observation des déplacements des animaux
et du mode d'occupation de l'espace pastoral



(BOURBOUZE 1986)

La connaissance des pratiques des éleveurs (GIBON 1981 ; LHOSTE et MILLEVILLE 1986) relève des enquêtes socio-économiques et de suivis qualitatifs (1) des activités de troupeaux. Cette première étape est indispensable à la conception des protocoles d'observation, qu'il s'agisse d'étudier le comportement des troupeaux en milieu réel ou d'analyser en station les facteurs de variation de tel ou tel paramètre du comportement.

Les méthodes utilisées pour l'étude quantitative (2) du comportement alimentaire au pâturage ont été l'objet de nombreuses revues bibliographiques (THEURER et al 1976 ; CHAZAL 1977 ; TSIRESY 1980 ; BOURBOUZE 1980 ; MATHIEU 1981 ; HANSEN et LUCICH 1981). Aussi nous limiterons nous à des rappels en essayant de faire ressortir les objectifs auxquels elles répondent et leurs difficultés d'application. Signalons que, pour la plupart, ces méthodes ont leur origine dans les régions de pâturages extensifs d'Australie et des Etats-Unis d'Amérique.

III.1 - Comportement spatial

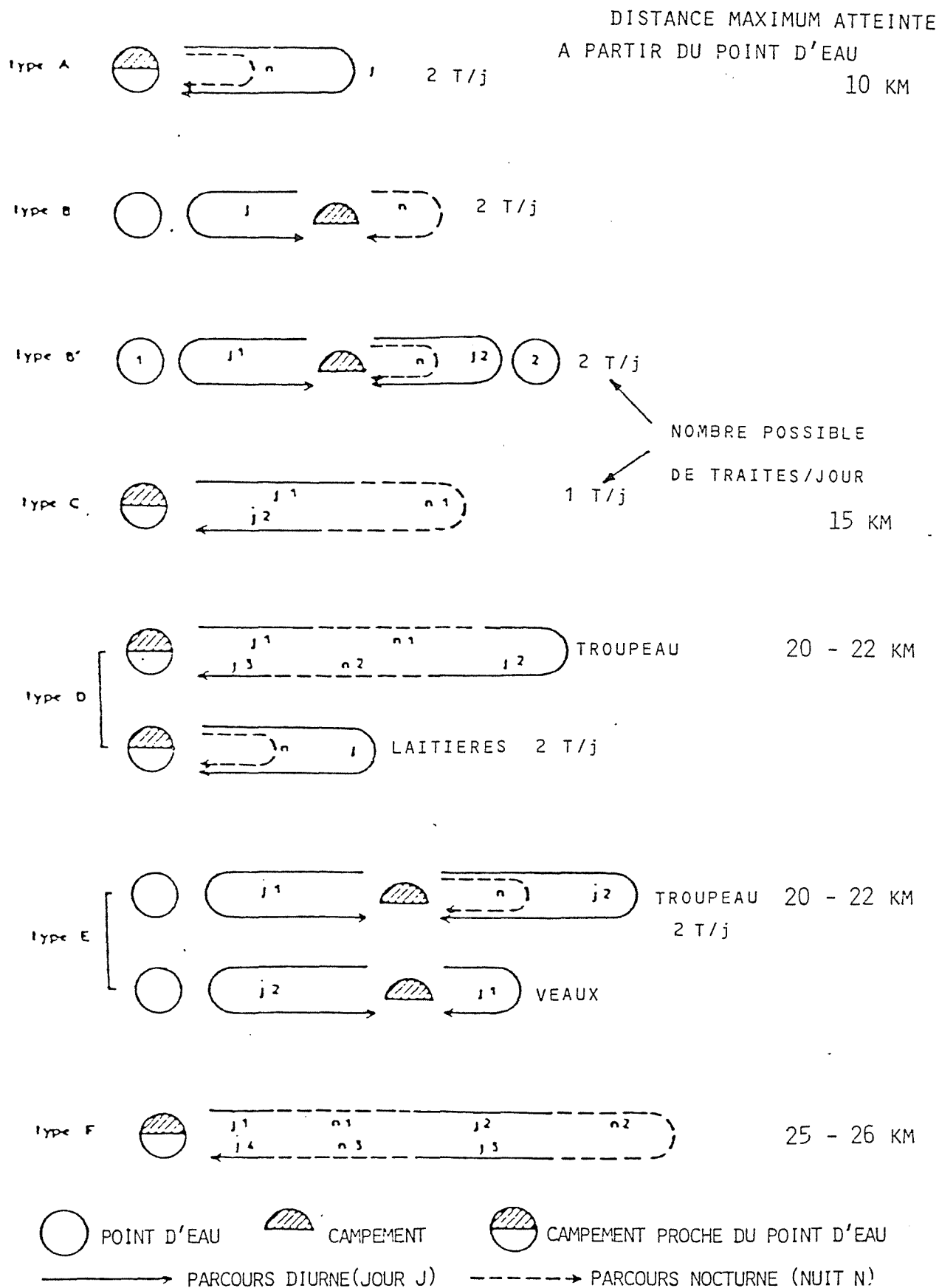
L'étude du comportement spatial a deux objectifs complémentaires : la quantification des déplacements caractérisés par leur direction, leur durée et leur amplitude et celle de l'utilisation du territoire.

Comme pour la description des pâturages, il se pose un problème d'échelle car il est évident qu'on n'utilisera pas les mêmes méthodes pour établir les cartes de transhumance de troupeaux peuls sahéliens ($n \times 100$ km : CLANET 1985 ; BREMAN et al 1978), pour analyser les déplacements journaliers d'un troupeau autour d'un point d'eau (MILLEVILLE et al 1982) ou encore pour décrire l'utilisation par le bétail de terroirs agropastoraux très contrastés ($n \times 1$ km : DICKO et SANGARE 1984 ; GUERIN et al 1986b ; GUICHARD et DOLLE 1986) (figure 3.2).

Ces études ont en commun d'exiger une grande disponibilité des enquêteurs qui doivent partager la vie des pasteurs et le plus souvent utiliser les mêmes moyens de locomotion qu'eux (marche à pied ; dromadaire : PIOT et al 1980...). Les études menées en régions arides ou semi-arides au niveau des "circuits quotidiens" de troupeaux, donc à l'échelle de la journée de pâturage, qu'ils correspondent à des parcours permanents ou saisonniers, sont celles qui s'apparentent le plus, par les difficultés de réalisation et les méthodes employées, aux travaux réalisés sur des pâturages d'altitude ou des parcours méditerranéens de quelques dizaines ou centaines d'hectares (FAVRE 1978, MOLENAT et JARRIGE 1978, BOUTTIER-WINCKLER et al 1982, BALENT 1986). A partir d'ici nous allons nous intéresser aux méthodes applicables à l'échelle de la parcelle même de grande taille (plusieurs milliers d'hectares à Doli au Sénégal, par exemple) ou de l'aire de desserte d'un point d'eau. Pour les bovins les déplacements de plus grande amplitude correspondent à la distance

-
- (1) suivi qualitatif des activités d'un troupeau : description des principales activités du troupeau au cours de la journée avec un ordre de grandeur des durées de chacune d'elles.
 - (2) étude quantitative du comportement alimentaire : enregistrement du temps consacré à chacune des activités caractérisant le comportement alimentaire et éventuellement de l'intensité de chacune d'elles.

Figure 3.3 - Rythmes quotidiens des déplacements de troupeaux bovins observés au Burkina Faso (MILLEVILLE et al - 1982)



entre les zones de pâturage les plus éloignées et le point d'eau (25 - 28 km : MILLEVILLE et al 1982), l'abreuvement ayant lieu dans ce cas tous les 3 jours. (figure 3.3). Les petits ruminants devant boire plus souvent, tous les deux jours au moins, exploitent des pâturages plus proches, à moins que les éleveurs ne transportent de l'eau dans leurs campements.

Si on ne s'intéresse qu'aux distances parcourues et aux horaires de déplacement, on peut employer des appareils d'enregistrement du type de ceux utilisés par les australiens (pédomètre de POWELL 1968 et range-mètre de CRESSWELL 1960, cités par MATHIEU 1981). Mais la mesure des déplacements est souvent combinée à l'étude quantitative de l'utilisation du terroir. En terrain accidenté, un observateur bien placé peut enregistrer toutes les 15 minutes la position du troupeau ou de n individus tirés au sort et la reporter sur un plan quadrillé du pâturage (FAVRE et al 1978, BALENT 1986, LECRIVAIN et MEURET 1984). L'exploitation des résultats peut donner des informations sur les mouvements des animaux, mais sous-estime les déplacements totaux, car il n'est pas possible par cette méthode de tenir compte des itinéraires sinusoïdaux des individus entre deux observations. Les observations sont relatives à des unités géométriques ou topographiques (LECRIVAIN et MEURET 1984) appartenant à des unités écologiques identifiées préalablement dont les limites et les surfaces sont connues. Si en plus de leur position, on a enregistré l'activité des animaux (cf § III.2 : Rythmes d'activité) en particulier l'ingestion, il est possible de quantifier l'utilisation effective de chaque unité de pâturage et de calculer la pression de pâturage (INERM 1983, BALENT 1986).

En terrain non accidenté, l'observateur doit accompagner le troupeau avec le risque de perturber son comportement si sa présence n'est pas habituelle et enregistrer périodiquement (4 animaux pendant 1 minute tous les 1/4 d'heure sur une période ininterrompue de 5 jours par saison : DICKO 1980a; 2 fois 50 minutes par semaine : SQUIRES et SIEBERT 1983) le type de pâturage exploité, l'activité et dans certains cas la vitesse de déplacement (DICKO 1980b). Connaissant les surfaces de chaque type de pâturage, on peut ainsi obtenir des informations sur leur utilisation relative (SQUIRES et SIEBERT 1983). Si les moyens le permettent et si on recherche plus de précision, on peut, en terrain plat, faire des observations plus quantitatives s'apparentant à celles pratiquées en montagne en procédant à des photographies aériennes périodiques (DUDZINSKY et ARNOLD 1967 d'après TSIRESY 1980) ou en utilisant des postes de radio-émetteurs fixés sur les animaux (LECRIVAIN et MEURET 1984). Mais l'emploi de ces méthodes fort coûteuses doit correspondre à des objectifs précis.

Les informations recueillies par l'ensemble de ces observations et de ces mesures sont caractérisées par une plus ou moins grande précision variable en fonction des moyens utilisés. L'étude des déplacements est particulièrement importante en milieu difficile car ils provoquent des dépenses d'énergie importantes (équivalentes à 15 p.100 des besoins d'entretien pour des déplacements de 6 km/jour : OSUJI 1973 d'après MATHIEU 1981) et ils concurrencent par leur durée le temps consacré à l'ingestion, premier facteur limitant de la valeur alimentaire des parcours extensifs. De même la connaissance, même grossière, de la part relative de chaque zone de pâturage dans l'alimentation des animaux, de ses variations saisonnières et son interprétation en termes de charge est utile à la conception des plans de gestion et d'aménagement des parcours.

III.2 - Rythmes d'activité

Les principales activités étudiées sont l'ingestion avec ou sans déplacement et la rumination en position "debout" ou "couché". Certains auteurs enregistrent également l'abreuvement, l'allaitement des jeunes (PETIT 1969), etc...

Les méthodes utilisées sont assez proches de celles mises au point pour les études en stabulation. On peut se limiter à mesurer le temps consacré à l'ingestion et à la rumination regroupées sous le terme de mastication, mais le plus souvent on étudie aussi l'intensité de ces activités mesurée par le nombre de prises alimentaires, de mastications ou de régurgitations de bols par unité de temps.

La notion de prise alimentaire, en général "bouchée" (1) pour les bovins, "coup de dent" (2) pour les "petits ruminants" a été définie avec précision par de nombreux auteurs ; BOURBOUZE (1980) a fait la revue de la terminologie utilisée. La fréquence des prises alimentaires est aussi importante pour caractériser l'ingestion que la durée totale de cette activité : en effet, DICKO (1980b) a montré que la fréquence des bouchées des bovins était inversement proportionnelle à leur vitesse de déplacement, alors que quelle que soit l'intensité de ces deux activités, l'observateur enregistre "ingestion avec déplacement".

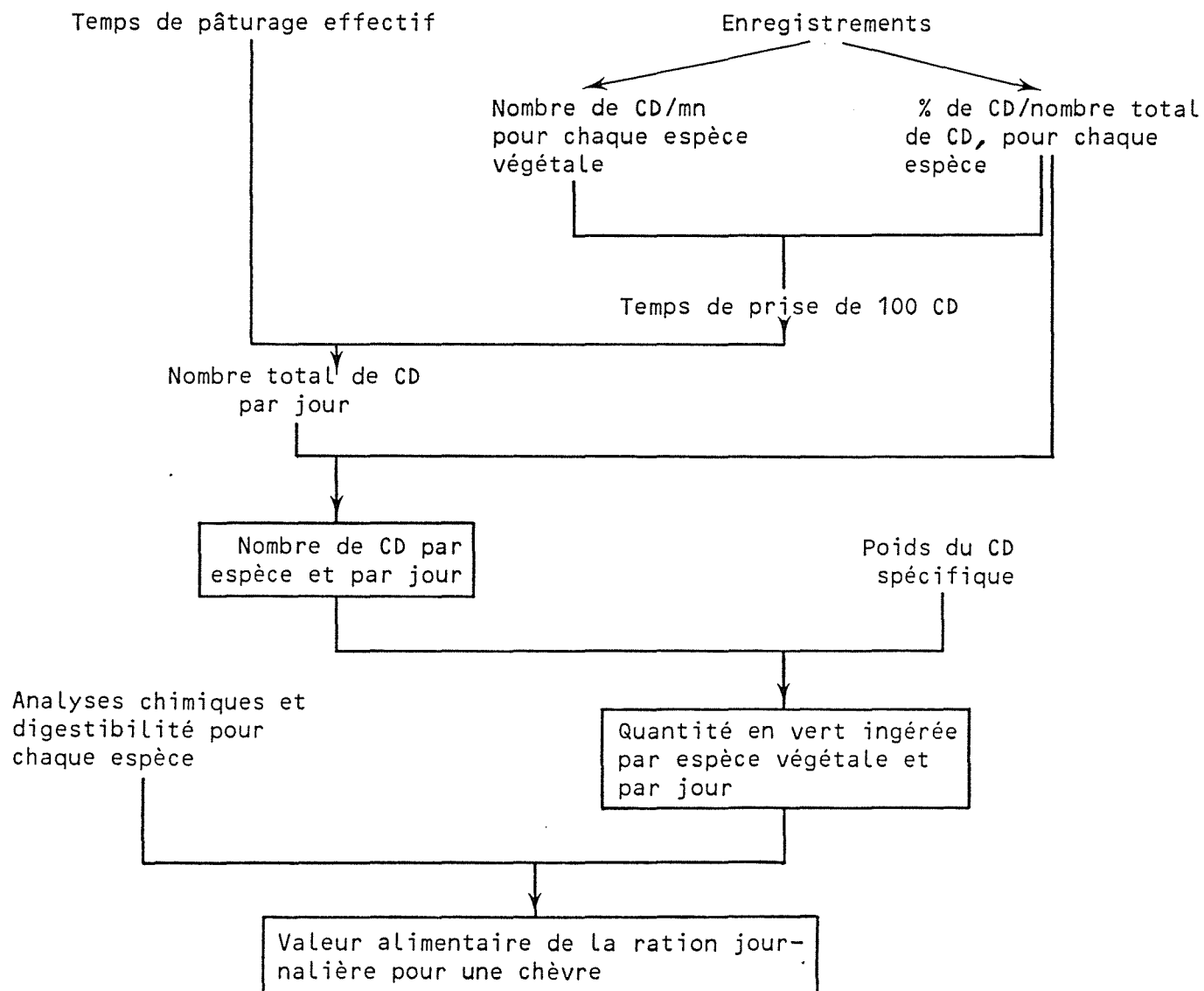
Les rythmes d'activité peuvent être mesurés, comme les déplacements, avec des appareils d'enregistrement (vibrographe de KIENZLE décrit par MOLENAT et JARRIGE 1978) qui permettent, après dépouillement, de calculer pour chaque fraction de temps au cours de la journée, la durée et l'intensité des principales activités. Les derniers appareils mis au point comportent un système d'enregistrement électronique des activités et permettent le dépouillement et l'exploitation directe des résultats par microprocesseur (DURANTON et BUENO 1982).

Lorsque les moyens matériels sont insuffisants ou les conditions expérimentales trop difficiles (isolement, pâturages arbustifs risquant d'endommager les harnais ou le matériel fixé sur les animaux,...), il faut avoir recours à des observations visuelles. Elles sont répétées à des intervalles variant entre 5 et 30 minutes selon le type d'activité et d'animaux (PETIT 1969) et extrapolées à l'intervalle de temps séparant deux observations. Elles concernent soit 4 à 6 animaux choisis préalablement dans le troupeau (DICKO 1980b, SQUIRES et SIEBERT 1983), soit tous les animaux considérés individuellement si l'effectif est restreint et le troupeau suffisamment regroupé, soit l'activité principale du troupeau en considérant qu'elle n'est pas différente des activités moyennes des individus (DUNCAN 1981 cité par SHARMAN et GNING 1983).

Quelques auteurs ont cherché à mettre au point ou à appliquer des méthodes de caractérisation de l'ingestion assez précises pour permettre

-
- (1) "bouchée": fourrage collecté entre deux déglutitions (SMITH et al 1979 d'après BOURBOUZE 1980)
 - (2) "coup de dent" : cueillette de fourrage accompagnée par un léger mouvement de recul de la tête de l'animal (FREE et al 1971 ; GRIEGO 1975 d'après BOURBOUZE 1980)

Figure 3.4 - Organigramme de calcul de la valeur alimentaire des rations



d'après BOUTTIER WINKLER et al - 1982

l'estimation des quantités ingérées au pâturage : sur pâturage cultivé monospécifique STOBBS (1973 a et 1973 b) a estimé le poids moyen des bouchées ingérées par des vaches de race Jersey en récupérant des bols alimentaires au travers de fistules oesophagiennes. Il avait pris la précaution d'obturer l'oesophage en aval des fistules. Les quantités ingérées pouvaient alors être estimées par le produit du poids moyen des bouchées, de leur fréquence et de la durée totale d'ingestion. En travaillant sur des fourrages à différents stades, il a montré que la taille des bouchées variait en fonction de la disponibilité en fourrage, de sa qualité et de la forme des touffes d'herbe et qu'en deçà d'une taille minimale de bouchée (0,33 g de matière organique), les quantités totales ingérées étaient limitées par rapport à une alimentation *ad libitum*.

En appliquant ces résultats, CHACON et al (1978) ont caractérisé la disponibilité du fourrage au pâturage directement par la taille moyenne de bouchées de taurillons exploitant des prairies recevant ou non une fertilisation et subissant plusieurs niveaux de chargement. Ils ont trouvé des liaisons significatives entre la taille des bouchées et le comportement pondéral des animaux et en ont déduit qu'en combinant ce paramètre avec la teneur en matières azotées et la digestibilité d'échantillons de fourrages représentatifs du régime, il était possible de mettre au point des modèles de prévision des productions zootechniques sur pâturages.

Inversement, DICKO (en cours de publication) a estimé les quantités ingérées par des méthodes plus classiques (mesure de l'excrétion fécale et estimation de la digestibilité des fourrages ingérés), elle a par ailleurs mesuré les rythmes d'ingestion et calculé pour chaque saison, la taille moyenne des bouchées. Ce qui ressort de ce travail et des précédents est que le poids unitaire de bouchée est très variable : même pour une prairie monospécifique, il peut varier de 100 p.100 (STOBBS et al 1973 a) en fonction du port de la plante. Il n'est pas possible, par conséquent, d'estimer les quantités ingérées à partir d'un simple enregistrement du nombre de bouchées ; pour chaque série de mesures un étalonnage est donc nécessaire ; ce travail est d'autant plus lourd que le pâturage est hétérogène. C'est pourtant l'effort que font les auteurs qui étudient par des méthodes visuelles la composition floristique du régime.

III.3 - Composition botanique des régimes ingérés au pâturage

En pâturage extensif diversifié sur le plan floristique, la composition botanique des régimes ingérés au pâturage est probablement le paramètre le plus important à étudier car connaissant la valeur nutritionnelle des principales espèces, il permet d'esquisser celle des régimes (BOURBOUZE 1980, BOUTTIER WINKLER et al 1982, cf. figure 3.4). De plus, la connaissance des préférences alimentaires permet de juger de l'adéquation entre les ressources fourragères et la population animale qui les exploite : on peut en effet espérer qu'à terme, il sera possible de déterminer pour les différents types de pâturages tropicaux, la composition plurispécifique du cheptel et la charge permettant de maintenir la végétation en équilibre ou de l'améliorer et d'optimiser les productions zootechniques, comme on commence à y parvenir pour les prairies de zone tempérée (NOLAN et CONNOLLY 1980).

Enfin, la description floristique simultanée et répétée des pâturages et du régime des herbivores permet de déterminer les espèces "utiles", "menacées", "envahissantes" par analogie à la terminologie américaine qui distingue les "increasers plants", "decreasers plants" et "invaders plants"(1), qualificatifs traduisant le comportement des espèces végétales sous l'effet d'un surpâturage continu (Soil Conservation Service 1967). Cette division pourrait contribuer à améliorer les critères de classification des plantes servant à estimer la valeur pastorale des pâturages (DAGET et POISSONET 1971; BOUDET 1983).

III.3.1. - Observations de terrain

Les préférences alimentaires peuvent être étudiées par des méthodes visuelles de terrain ou par des méthodes de laboratoire. THEURER et al (1976) en ont fait la revue. Parmi les observations visuelles, la plus simple consiste à énumérer les espèces et les organes apparemment les plus consommés. Les pastoralistes (VALENZA et DIALLO 1972 ; BILLE 1977 ; PIOT et al 1980 ; POUPON 1980 ; BOUDET 1983) l'ont souvent pratiquée : elle permet de classer pour chaque saison, les espèces en "appâtées", "peu appâtées", "non appâtées". Cette première étape dans l'étude des préférences alimentaires est indispensable mais elle est insuffisante pour donner une indication sur la part relative de chaque plante dans le régime, de plus elle ne permet pas de nuancer la classification en fonction des disponibilités fourragères.

La quantification de ces observations visuelles fait appel à la notion de prises alimentaires (cf § III.2) de chaque espèce végétale ou des principales espèces du régime. Pour les bovins, l'unité la plus couramment utilisée est la bouchée (STOBBS 1973 a et 1973 b, DICKO 1980a) mais du fait de la forme de leur maxillaire et de leur mode de préhension des fourrages, il est difficile d'identifier les espèces consommées tout au moins lorsque la végétation est dense et diversifiée ; pour les bovins, le comptage de bouchées est donc surtout appliqué à l'estimation des quantités totales ingérées (cf paragraphe précédent). C'est plutôt pour les espèces animales ayant tendance à cueillir leurs aliments (camélins : GAUTHIER PILTERS 1961 ; caprins : BOURBOUZE 1980 ; ovins : BALENT et GIBON 1986) et à bien individualiser leurs prises alimentaires que la méthode des bouchées ou des coups de dents a été utilisée. Les équipes utilisant cette méthode en France préfèrent utiliser les coups de dents car les déglutitions ponctuant les bouchées sont plus difficiles à observer au pâturage (BOURBOUZE 1980). Cet auteur a par exemple dénombré les coups de dents de 5 chèvres appartenant à un troupeau durant des séquences de 30 minutes répétées deux jours de suite à chaque saison caractéristique de pâturage. Dans des milieux très hétérogènes, BOUTTIER WINCKLER et al (1982) ont préféré répéter les observations plus souvent à raison de 10 minutes par demi-heure tout au long de 3 à 4 journées de pâturage. Pour donner un caractère quantitatif à ces mesures et approcher la valeur de la ration, il faut par ailleurs estimer le poids moyen des coups de dents relatifs à chaque espèce. Cette estimation est réalisée différemment suivant qu'il s'agisse d'espèces ligneuses ou herbacées : pour les premières en faisant brouter des rameaux représentatifs préalablement pesés, et en

(1) increaser plant : espèce végétale dont la contribution spécifique augmente sous l'effet du surpâturage.
 decreaser plant : espèce dont la contribution spécifique diminue.
 invader plant : espèce envahissante

procédant à une deuxième pesée après que les animaux aient effectué 200 coups de dents ; pour les espèces herbacées ou lorsque la première méthode n'est pas possible (GAUTHIER-PILTERS 1961) en procédant à des "pincées" imitant les coups de dents et en pesant cette récolte manuelle.

BOURBOUZE (1980) et les auteurs qui ont appliqué sa méthode ont ainsi estimé le poids moyen de coups de dents de chèvres pour 4 à 13 espèces végétales par saison de pâturage ; GAUTHIER PILTERS (1961) a fait le même travail sur 90 espèces pendant 2 ans et a observé une variabilité très élevée des résultats d'une espèce végétale à l'autre et, pour une même plante, d'une saison à une autre.

Plus légère est la méthode consistant à chronométrer le temps d'ingestion consacré à chaque espèce : SCHWARTZ et al (1985) totalisent ainsi la durée des repas unitaires qui sont les séquences ininterrompues d'ingestion d'une même espèce végétale. Cette méthode est moins précise que celle décrite précédemment et est utilisée dans une optique plus écologique que nutritionnelle, mais son application permet d'économiser du temps et de mettre en oeuvre d'autres techniques complémentaires telles que la récolte, l'examen microscopique et l'analyse chimique de bols oesophagiens ou de contenus de rumen, la collecte de fèces, etc... La méthode employée par DICKO et SANGARE (1984) est encore plus facile quoiqu'aussi fastidieuse : elle consiste à observer toutes les 15 minutes pendant 5 jours consécutifs, le type de fourrage ingéré (graminées, légumineuses, autres herbacées, ligneux, résidus de récolte) par 5 bovins, 5 moutons ou 5 chèvres intégrés à un troupeau villageois.

Toutes ces méthodes qui exigent l'observation rapprochée des animaux, ne sont applicables que s'il est possible de bien distinguer les espèces consommées. Elles sont donc peu adaptées aux pelouses où les espèces sont de petite taille et très imbriquées, aux bovins moins sélectifs que les petits ruminants et à la faune sauvage qu'il est rarement possible d'observer d'assez près, quoique BOURBOUZE (1980) cite de nombreux auteurs ayant travaillé sur des animaux sauvages.

III.3.2. Analyses microhistologiques des contenus digestifs

L'analyse sous microscope des contenus digestifs peut répondre à ces divers besoins. Ce groupe de méthodes repose sur la reconnaissance des épidermes (organisation et différenciation des cellules, poils, stomates, phytolites *) spécifique de chaque espèce. La première phase de la méthode, la plus longue, consiste à identifier à partir d'échantillons de plante bien conservés, de préférence à plusieurs stades de développement, les caractéristiques anatomiques des espèces présentes dans le pâturage et à en faire la représentation schématique. Ce premier travail étant fait, l'observation des contenus digestifs a l'avantage d'être plus rapide, plus précise et plus standardisable que les observations de terrain.

Les échantillons analysés sont des bols oesophagiens, des contenus de rumen ou de fèces. Dans tous les cas, ils doivent être l'objet d'une préparation minutieuse pour faciliter la reconnaissance des particules végétales (GRIMES et al 1965). Les bols oesophagiens et les contenus de rumen recueillis avant rumination ont l'avantage d'avoir subi une mastication peu importante, mais ces techniques de prélèvements ont l'inconvénient d'imposer l'entretien d'animaux fistulés et donc de limiter les champs d'investigation ;

* phytolites : cristaux endocellulaires

certain auteurs considèrent d'ailleurs que leur comportement alimentaire est différent de celui des animaux normaux. Les échantillons de fèces sont du fait de la digestion plus difficiles à analyser ; on peut d'ailleurs craindre, en extrapolant la composition botanique des fèces à celle du régime, une surestimation des espèces peu digestibles (FREE et al 1971 d'après THEURER et al 1976). Cependant le choix des fèces comme matériel d'observation permet de travailler sur de plus grands effectifs et donc de concevoir des protocoles d'échantillonnages plus complexes (par exemple LECLERC 1981 : 4 troupeaux x 10 échantillons de fèces ; MAC CRACKEN et HANSEN 1981 : 50 échantillons x 4 espèces), peu coûteux, incluant la faune sauvage (LUCICH et HANSEN 1981 ; MAC CRACKEN et HANSEN 1981) dans le cadre d'études régionales.

Les techniques de préparation des échantillons, de comptage des particules, le nombre d'observations à effectuer, les relations entre les observations microscopiques et la composition pondérale du fourrage ingéré ont fait l'objet de nombreux travaux méthodologiques : dès 1981, HANSEN et LUCICH ont inventorié près de 200 références sur ce sujet, THEURER et al en ont fait une synthèse en 1976. Nous retiendrons qu'il existe deux types d'observations : les premières sont faites au grossissement 100 à 125 et consistent à identifier la totalité des particules (en général 3 à 4) à l'intérieur d'une centaine de champs répartis sur plusieurs lames. C'est la méthode pratiquée à l'Université du Colorado (USA) (FOPPE 1981, LUCICH et HANSEN 1981, MAC CRACKEN et HANSEN 1981) et à celle de Rennes (CHAPUIS 1979, LECLERC 1981). Les secondes réputées plus rapides (HANSEN et LUCICH 1981), sont faites à des grossissements plus faibles (16 à 18) et l'observateur se limite à déterminer la fréquence de chaque espèce par comptage des particules en contact avec 100 à 200 points matérialisés par un quadrillage ou une réglette. Ce groupe de méthodes, très proches de celle du "point quadrat" (DAGET et POISSONNET 1971) appliquée à la végétation herbacée, a été initié par HEADY et TORELL en 1959 et est appliqué après quelques améliorations par les équipes des Universités d'Arizona et du Nevada aux Etats-Unis (THEURER et al 1976).

Le résultat de base est, pour les deux groupes de méthodes, la fréquence d'identification de chaque espèce. Rapportée au nombre total de particules identifiées (un certain nombre ne sont pas identifiables : 35 à 40 p.100 d'après HANSEN et al 1981), elle permet de calculer la contribution spécifique de chaque plante avec une précision comprise entre 5 et 20 p.100 respectivement pour les espèces abondantes et peu représentées. De telles précisions sont obtenues après observation de 400 épidermes au minimum (revue de THEURER et al 1976 ; LECLERC 1981).

Pour certains auteurs, les contributions spécifiques estimées par les méthodes ci-dessus sont directement extrapolables à la composition pondérale du régime (par exemple SPARKS et MALECHEK 1968 d'après HANSEN et al 1981 et THEURER et al 1976) ; pour d'autres, il est indispensable de calculer des facteurs de correction (compris entre 0,8 et 1,6) pour chaque espèce végétale, variables en fonction du stade de développement et du type de prélèvement (GALT 1972 d'après THEURER et al 1976 ; DEARDEN et al 1975) ou plus simplement fonction de la surface des particules observées sous le microscope (LESPERANCE et al 1960 d'après THEURER et al 1976). Si de telles précautions doivent être prises, l'application de cette technique à l'estimation de la composition pondérale du régime est aussi lourde que le "comptage des bouchées".

Cependant on peut l'appliquer avec des objectifs moins précis et moins ambitieux : par exemple SCHWARTZ et al (1985) se limitent à déterminer la part relative dans le régime des ovins et des caprins des feuilles et tiges de monocotylédones, de dicotylédones et des quatre principales espèces du régime. De tels résultats peuvent être obtenus assez rapidement et ne nécessitent pas une connaissance aussi fine des caractères épidermiques des plantes que pour les techniques décrites ci-dessus, ils peuvent être obtenus dans de nombreux laboratoires, même non spécialisés.

III.3.3. - Mesures radioisotopiques sur les contenus digestifs

Pour des résultats encore plus simples (part des graminées dans le régime par exemple), on pourrait envisager l'application d'autres techniques plus rapides, mais nécessitant du matériel sophistiqué et une grande technicité. Ces techniques reposent sur la particularité des graminées tropicales (plantes en C₄) qui ont des teneurs relatives en C¹³ et C¹² différentes des autres plantes et sur le dosage de ces isotopes du carbone dans des échantillons de fourrage, de fèces et même de lait ou de poil produits par les animaux (MINSON et al 1975). Elles ont été appliquées dans des études sur l'ingestion et l'utilisation digestive de rations mixtes comprenant une graminée tropicale (graminées et légumineuses fourragères tropicales : JONES et al 1979 ; luzerne et maïs grain : BRUCKENTAL et al 1985) et pourraient probablement l'être aussi à des fourrages naturels ; cependant, les moyens exigés par cette méthode sont sans doute hors de proportion avec les résultats attendus, à moins que les dosages soient effectués en routine par des laboratoires recevant un grand nombre d'échantillons.

III.3.4. - Interprétation des contributions spécifiques

Quelles que soient la méthode utilisée et la précision des résultats obtenus, la composition botanique du régime peut être exprimée en terme de contributions spécifiques d'espèces ou de groupes d'espèces en pourcentage du "temps consacré" pour les méthodes les plus rapides, ou du "poids de matière sèche ingérée" pour les méthodes les plus fines.

Les contributions spécifiques peuvent être utilisées pour calculer des index servant soit à caractériser le comportement plus ou moins sélectif des animaux vis à vis du pâturage, soit à comparer entre eux les régimes d'espèces différentes ou d'une même espèce exploitant des pâturages différents ; par exemple :

- le "preference ratio" (P.R.) ou taux de préférence (THEURER et al 1976) est le rapport entre la contribution spécifique d'une espèce dans le régime d'une part et dans le pâturage d'autre part. Il pourrait caractériser l'appétabilité des espèces mais a plusieurs inconvénients : il ne concerne que la végétation herbacée puisqu'il est difficile de calculer la part des ligneux dans l'ensemble des disponibilités fourragères d'un pâturage ; ses variations (de 0,2 à 2 pour une même espèce dans une étude de STREETER 1968 d'après THEURER et al 1976) sont avant tout fonction de la composition floristique du pâturage et de la saison, ce qui traduit bien le caractère relatif de la notion d'appétabilité.

- l'index de similarité (S.I.) de KULZYNSKI (OOSTING 1956 d'après HANSEN et al 1981 et MAC CRACKEN et HANSEN 1981) sert à comparer deux séries de résultats :

$$\frac{\sum_{i=1}^n 2W}{\sum_{i=1}^n (a + b)} \times 100$$

où a et b sont les contributions spécifiques d'une même espèce dans les deux relevés

W est le minimum de ces deux valeurs

n est le nombre d'espèces végétales

Appliqué à la comparaison de régimes, le S.I. exprime le pourcentage du régime commun à deux espèces et permet de mettre en évidence le caractère concurrentiel ou complémentaire de leurs comportements. MAC CRACKEN et HANSEN (1981) et LUCICH et HANSEN (1981) l'ont utilisé pour étudier les relations entre les herbivores domestiques et la faune sauvage sur les parcours naturels du Colorado. HANSEN et al (1981) utilisent également cet index pour tester les techniciens durant leur période de formation qui dure de 4 à 6 mois : ils comparent les résultats obtenus par le personnel en stage à la composition réelle des échantillons préparés manuellement par pesées.

Appliqué aux quantités ingérées par les différentes espèces animales exploitant un pâturage, le S.I. peut servir à calculer les taux de substitutions d'une espèce par une autre ne modifiant pas l'équilibre des relations "animaux-végétation" (SAZAMA 1975 d'après HANSEN et al 1981).

Conclusion :

Les pages qui précèdent montrent la diversité des études de comportement alimentaire : diversité des milieux, des objectifs et des méthodes. Pour certains auteurs, l'étude du comportement doit aboutir à la caractérisation précise du régime des animaux, pour d'autres ces travaux sont menés en annexe de méthodes plus quantitatives visant à estimer la valeur nutritive des fourrages et les quantités ingérées au pâturage ; la description du comportement permet alors de donner un éclairage écologique aux résultats et de mieux les interpréter.

Mise à part l'analyse microscopique des contenus digestifs, les méthodes d'études du comportement demandent une présence assidue sur le terrain et sont en général grandes consommatrices de main d'oeuvre. Dans ces conditions, la plus grande attention doit être portée au choix des méthodes à employer qui devra être reconsidéré dans chaque situation en fonction des objectifs et des moyens disponibles. Considérons par exemple l'étude des préférences alimentaires : la connaissance détaillée de la composition botanique du régime en vue d'une interprétation à caractère nutritionnel (comptage des bouchées) exige une bonne connaissance de la flore et un travail très important pour l'obtention de résultats difficilement transposables d'une situation à l'autre. Dans ces conditions il semble préférable de s'orienter vers des méthodes indirectes pour estimer les quantités ingérées (chapitres V et VI) et de se contenter d'un ordre de grandeur pour l'estimation de la part des espèces ou des familles les plus importantes dans les régimes des animaux exploitant les principaux types de pâturages rencontrés dans une zone agro-climatique.

Tableau 4.1 - Climats et saisons humides (mois exprimés de 1 à 12) en Afrique intertropicale (d'après BOUDET 1984)

Climats	Localités	Latitude	Pluviosité annuelle (mm)	Saisons pluvieuses	Saisons humides	Périodes actives	Coefficient de variation (p. 100)
Equatoriaux humides	Abidjan	5° 15' N	2 087	année	3 à 7, 10 à 12	année	21
	Koundia (1 217 m)	5° 37' N	2 144	2 à 11	3 à 11	2 à 11	11,5
	Ngaoundéré (1 119 m)	7° 17' N	1 585	3 à 10	4 à 10	4 à 10	13
	Jos (1 285 m)	9° 52' N	1 422	3 à 10	5 à 10	4 à 10	12
	Brazzaville	4° 15' S	1 392	9 à 5	10 à 5	10 à 5	19
Tropicaux semi-humides	Bouaké	7° 41' N	1 221	2 à 11	4 à 10	3 à 10	17,5
	Ferkessedougou	9° 35' N	1 346	2 à 11	5 à 10	4 à 10	18
	Boba-Dioulassa	11° 40' N	1 185	3 à 11	6 à 10	5 à 10	24
	Ziguinchor	12° 35' N	1 554	6 à 10	7 à 10	6 à 10	23
Tropicaux secs							
sahélo-soudanais	Mapli	14° 32' N	552	5 à 10	7 à 8	6 à 9	31
Subdésertiques							
sahéio-saharien	Gao	16° 16' N	261	6 à 9	—	8	32
Désertiques							
saharien	Agadès	16° 59' N	163	7 à 9	—	—	32

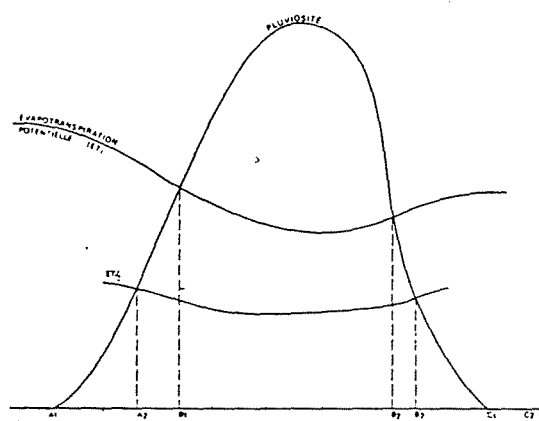


Fig. 1. — Diagramme du bilan hydrique (principe).

A₁ : début des pluies. A₂ : début de la période intermédiaire, date à laquelle la pluviosité est égale à la moitié de l'évapotranspiration potentielle. B₁ : fin de la période intermédiaire, début de la période humide. B₂ : fin de la période humide. C₁ : fin des pluies. C₂ : épuisement des réserves en eau du sol.

A₂ et B₂ : limites de la période active de végétation

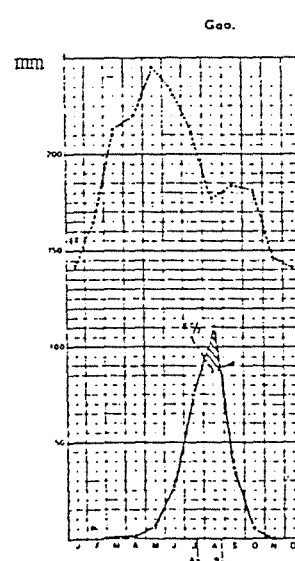
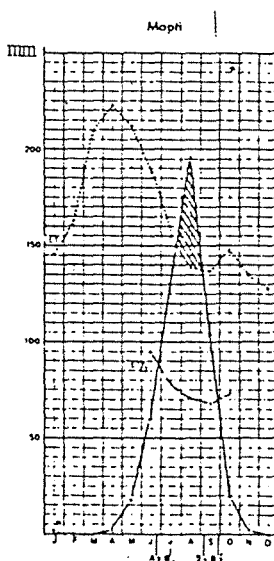
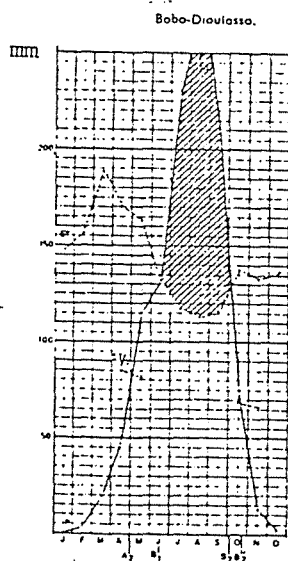
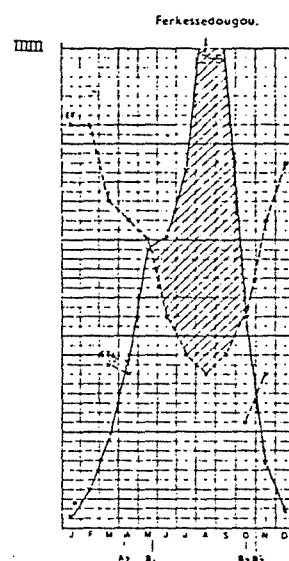
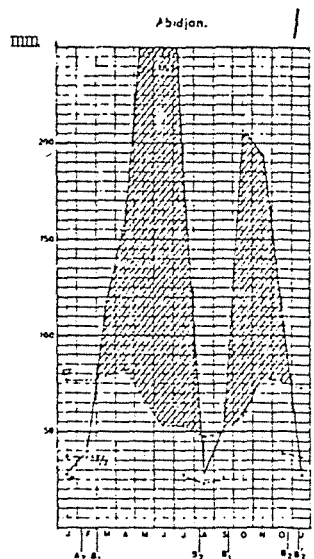


Figure 4.1 - Périodes actives de végétation en Afrique intertropicale définies par les bilans hydriques (d'après BOUDET 1984)

CHAPITRE IV

COMPOSITION CHIMIQUE ET VALEUR ALIMENTAIRE DES ESPECES FOURRAGERES TROPICALES

Introduction

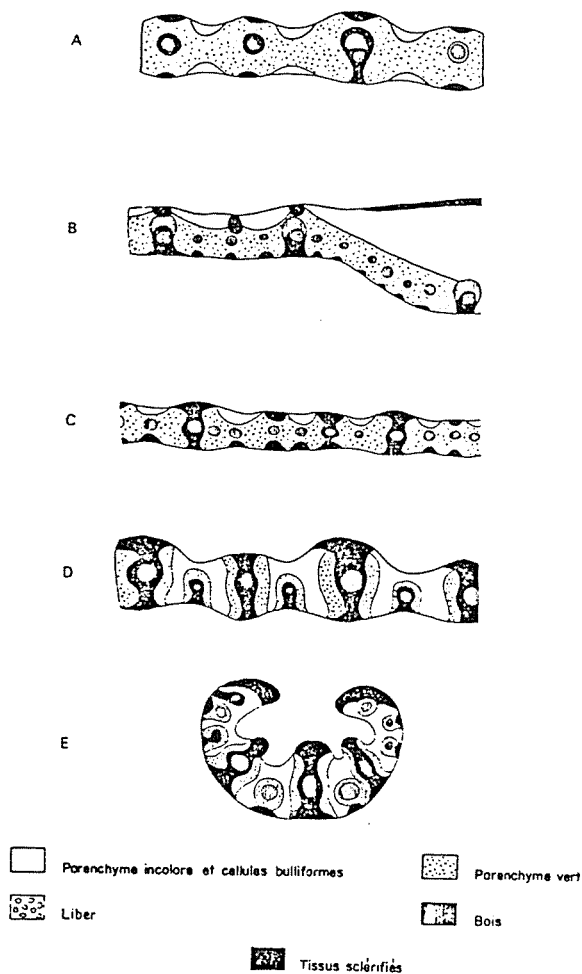
L'essentiel des connaissances sur les fourrages tropicaux concerne les graminées cultivées, souvent sous irrigation et avec une fertilisation importante. Les résultats sur les légumineuses ont surtout été obtenus en Australie, où cette famille est largement utilisée, à titre expérimental ou en vraie grandeur pour l'amélioration des pâturages. Par contre les travaux sur les espèces herbacées spontanées, particulièrement celles qui n'appartiennent pas aux deux familles citées ci-dessus et sur les espèces ligneuses sont plus rares et souvent limités à la détermination de leur composition chimique (RIVIERE 1978) alors que ces fourrages représentent une grande partie de la production fourragère tropicale naturelle.

FAYE (1980) et BUTTERWORTH (1985), entre autres auteurs, ont fait ressortir à partir de la bibliographie, les spécificités des fourrages tropicaux, tant en ce qui concerne leur composition et leur valeur alimentaire que les méthodes d'estimation de celle-ci (chapitre V). FAYE (1980) s'est limité aux graminées cultivées, BUTTERWORTH (1985) s'est intéressé à l'ensemble des fourrages disponibles. Ce chapitre fait largement appel à leurs recherches bibliographiques (*) complétées par d'autres références pour certains aspects ponctuels.

La zone intertropicale recouvre une grande diversité de climats (tableau 4.1), des plus secs aux plus humides. C'est la pluviométrie, en particulier la durée de la saison sèche (figure 4.1), qui détermine principalement la distribution des espèces en fonction de la longueur de leur cycle végétatif. En ce qui concerne les zones sahéliennes et soudaniennes qui nous intéressent plus particulièrement car elles constituent une des principales régions d'élevage de l'Afrique, on peut évoquer deux types extrêmes de végétation :

- au sud, sous climats soudanien et soudano-guinéen, la saison sèche dure de 3 à 6 mois, les pâturages sont couverts de graminées vivaces de grande taille (2 à 3 mètres en fin de saison des pluies) dont la croissance s'arrête en saison sèche et qui sèchent sur pied pour donner des pailles. Ces pailles

(*) les travaux cités dans ces revues bibliographiques auxquels nous faisons référence sont annotés de la façon suivante : (1) Revue de FAYE (1980), (2) Revue de BUTTERWORTH (1985).



- . type A : morphologie adaptée à des situations tropicales peu accusées (type mesomorphe)
- . type B : type mesomorphe où les cellules "bulliformes" constituant un tissu réservoir d'eau, sont plus nombreuses surtout au niveau de la nervure
- . type C : morphologie mieux adaptée à la sécheresse. Les feuilles peuvent s'enrouler
- . type D : type xeromorphe plus marqué. Seules les jeunes pousses et les pailles sont consommées. Le tissu réservoir d'eau est abondant
- . type E : adaptation à la sécheresse. Le limbe est toujours plié ou enroulé (cf. figure 1).

Figure 4.2 - Ecomorphologie des graminées : adaptation à la sécheresse (KIWAK et DUVIGNEAUD d'après BOUDET 1984)

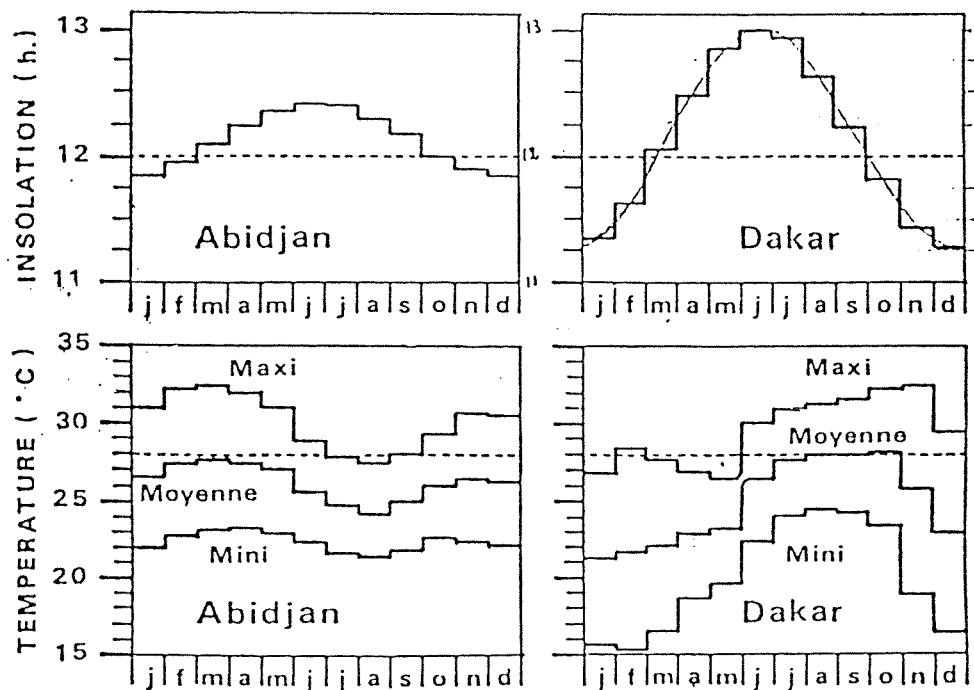


Figure 4.3 - Variations mensuelles de l'insolation et de la température sous climat guinéen (Abidjan) et sous climat sahélien (Dakar) (d'après ROBERGE 1936)

sont très souvent l'objet de feux de brousse qui peuvent être suivis d'une repousse à partir de l'humidité résiduelle du sol s'ils sont suffisamment précoces, mais laissent le sol nu s'ils sont tardifs. Aux premières pluies de l'hivernage suivant, la croissance reprend à partir des organes végétatifs restés en vie au niveau des talles.

- au nord, sous climats sahéliens et soudanosahéliens, la saison sèche est trop longue (8 à 9 mois) pour permettre la survie d'organes végétatifs de graminées vivaces. Ces pâturages se couvrent une quinzaine de jours après les premières pluies d'espèces annuelles de petite taille : 30 à 150 cm, en fin de croissance. Leur composition floristique, essentiellement fonction du régime des pluies (BOUDET 1983), comprend des graminées, des légumineuses et de nombreuses autres familles. Ces espèces arrivent rapidement (de 60 à 100 jours) au stade floraison-fructification, ce qui permet de renouveler le stock grainier, sèchent sur pied et restent à l'état de pailles pendant 8 mois jusqu'à l'hivernage suivant durant lequel elles finissent de disparaître. La végétation de ces parcours est moins dense que celle des régions plus humides (0,2 à 2 T de MS/ha contre 5 à 8 T de MS/ha), brûle plus rarement, mais quelle que soit la date du feu, ne produit pas de repousse.

La densité de la végétation ligneuse de ces régions est avant tout fonction de l'action de l'homme et, de ce fait, a tendance à diminuer. Mis à part ce facteur primordial, on peut retenir qu'au nord la végétation ligneuse même dense ne concurrence pas la production fourragère herbacée, alors qu'au sud les espèces ligneuses de plus grande taille et au feuillage plus dense ont tendance à coloniser les zones de parcours défrichées et à limiter le développement du tapis herbacé.

Les zones de transition entre ces types extrêmes de végétation ne sont ni nettes, ni fixes comme le montrent l'aire de distribution d'*Andropogon gayanus* (graminée vivace) et sa régression vers le sud lors des années de sécheresse (BOUDET 1983).

En conditions naturelles, l'adaptation des espèces tropicales herbacées à leur milieu est liée à leur faculté de se reproduire, soit par voie sexuée, soit par voie végétative, avec une alimentation hydrique minimale grâce à des caractères anatomiques spécifiques : on observe sur les espèces les plus adaptées à la sécheresse un développement plus important des tissus de soutien et de protection (riches en constituants pariétaux), qui permettent d'économiser l'eau (figure 4.2) et un développement privilégié des tiges, qui portent les organes de reproduction, par rapport aux feuilles (STOBBS 1973a et 1973b, LUDLOW 1976 (1)). De même la morphologie des ligneux varie des zones les plus humides aux zones les plus sèches où les feuilles sont de taille réduite et parfois remplacées dans leur rôle photosynthétique par des épines. Par contre la succession des stades phénologiques des ligneux, capables d'utiliser l'humidité de l'air ou celles de couches plus profondes du sol, est moins tributaire de la pluviométrie et certaines espèces portent des feuilles vertes tout au long de la saison sèche.

Pour compléter cette description sommaire des ressources fourragères de l'Afrique intertropicale, il faut mentionner l'existence de quelques centaines d'hectares de cultures fourragères essentiellement de graminées irriguées souvent fertilisées. Pour ces fourrages l'eau ne constitue plus le premier facteur limitant; elle est remplacée à ce titre par les carences du sol, en particulier en azote et en phosphore et, dans les régions soudanosahéliennes, par les

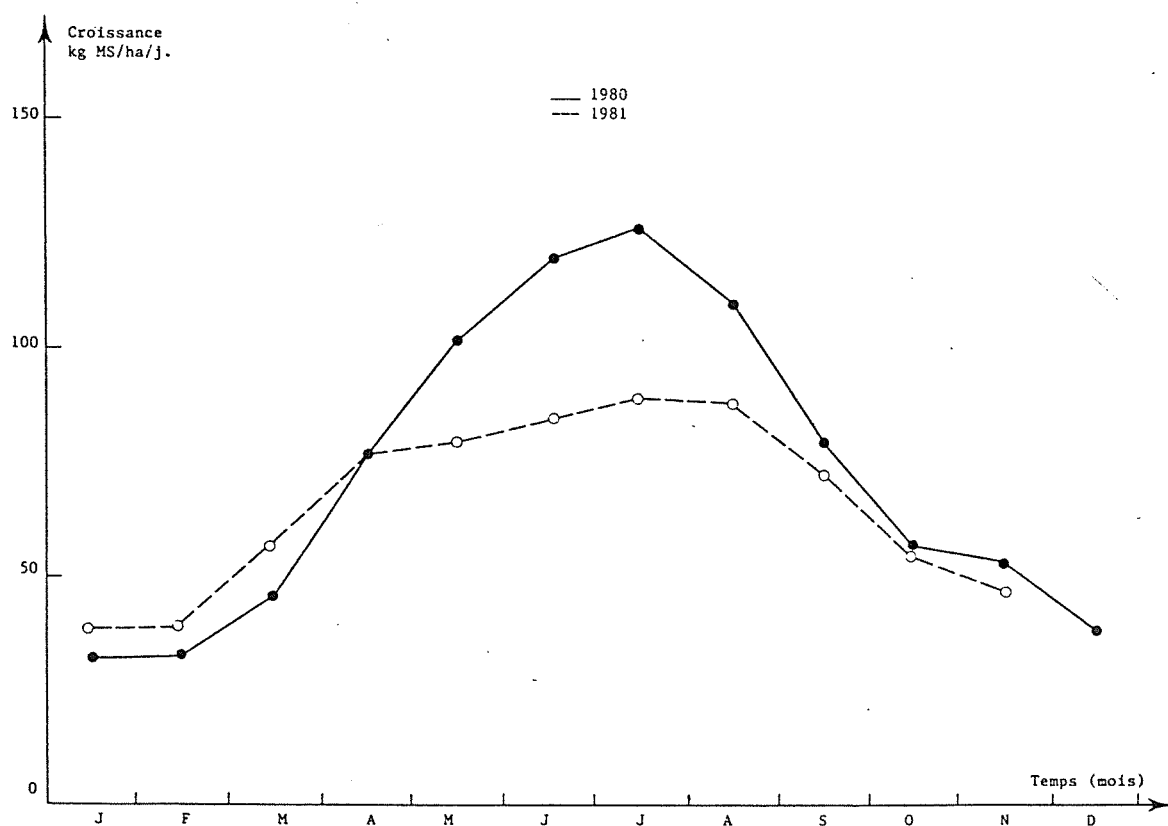


Figure 4.4 - Variations mensuelles de la productivité journalière de *Panicum maximum* K 187 B irrigué et fertilisé dans la région du Cap Vert au Sénégal (ROBERGE et DENIS 1985)
 Remarque : Sous climat guinéen, la production est constante et de l'ordre de 110 kg MS/ha/j (ROBERGE et al 1976)

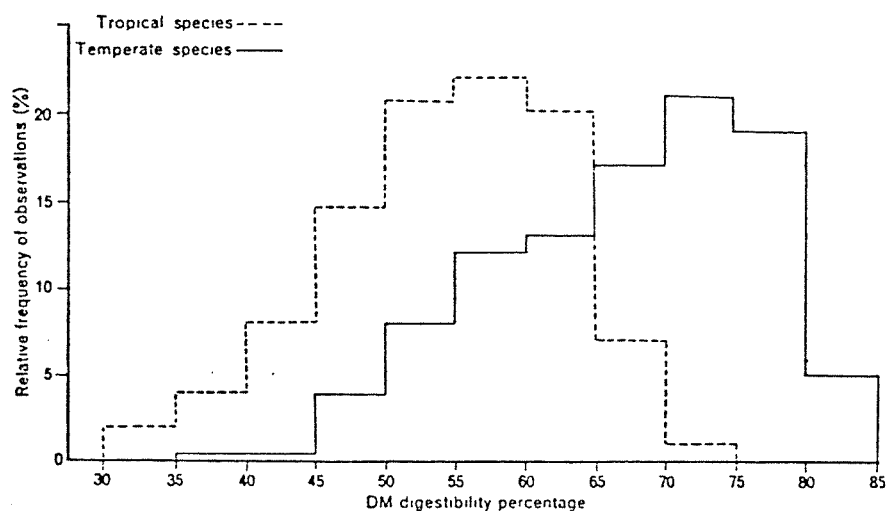


Figure 4.5 - Fréquence de distribution de la digestibilité des fourrages tropicaux et tempérés (d'après MINSON et Mc LEOD 1970) (1)

basses températures et la faible insolation (figure 4.3) de la saison sèche fraîche qui dure 3 mois : la croissance des fourrages, sans s'arrêter totalement, est alors fortement ralentie (figure 4.4) ce qui a des conséquences importantes sur leur composition et leur valeur alimentaire (NDIAYE 1982, NDIAYE 1983). Les travaux sur les fourrages cultivés ne concernent pas directement notre étude, mais ils ont l'avantage d'avoir été effectués par de nombreuses équipes et ils sont riches d'enseignements sur les caractéristiques de l'ensemble des fourrages tropicaux; c'est à ce titre que nous les présentons ici.

IV.1 - Les fourrages herbacés : composition chimique, digestibilité et quantités ingérées; leurs variations.

Les fourrages tropicaux diffèrent des fourrages tempérés par des teneurs plus élevées en constituants pariétaux, des teneurs en matières azotées totales (M.A.T.) et des digestibilités (dMS : digestibilité de la matière sèche ou dMO : digestibilité de la matière organique) plus faibles (figure 4.5) . Ces dernières seraient en moyenne inférieures de 12,8 points à celles des fourrages tempérés (MAC LEOD et MINSON 1974-(1)).

D'autres constituants de moindre importance les caractérisent également : les graminées tropicales contiennent en général plus d'amidon (MORRISON 1979-(1)), qui jouerait un rôle de réserve (ADEGBOLA 1966-(1); WILSON 1975a et 1975b (1)) et moins de glucides solubles que les graminées tempérées (WILSON et FORD-1971 (1)). Les dépôts de cutine, qui limite l'évapotranspiration et de silice sont plus importants pour les espèces tropicales : CALVET et al (1974), JONES (1978 (1)) signalent des teneurs en silice de 10 à 15 p.100 dans la paille de riz; cet exemple constitue un cas extrême pour lequel il est difficile de faire la part entre la silice endogène et celle exogène d'origine éolienne. Plus généralement les teneurs en silice sont comprises entre 2 et 4 p.100 (FAYE 1980). La silice endogène sous forme de silicates ou d'acides polymérisés aurait pour certains auteurs un rôle dépressif sur la digestibilité (VAN SOEST et JONES- 1968 (1) : 3 points de digestibilité par point de silice; GUPTA et PRADHAN- 1975 : 0,6 à 1,4 point de digestibilité *in vitro* par point de silice); toutefois pour PARRA et al. (1972- (2)) les fourrages tropicaux échapperaient à cette règle.

Ces caractères généraux des fourrages tropicaux sont l'objet de variations importantes. Nous évoquerons plus particulièrement celles des constituants pariétaux, des matières azotées et de la digestibilité, puis nous traiterons de l'ingestibilité.

IV.1.1 - Facteurs de variation de la composition chimique et de la digestibilité.

Ces variations sont d'ordre génétique, chronologique et écologique (FAYE 1980).

Tableau 4.2 - Constituants pariétaux de deux graminées tropicales et d'une graminée tempérée au même stade de croissance (d'après Mc LEOD et MINSON 1974) (1)

	en grammes par kg de matière sèche				
	NDF	ADF	Hémicell.	Cellulose	Lignine
Graminées tropicales					
<i>Chloris gayana</i>	656	325	331	300	25
<i>Setaria splendida</i>	566	286	280	260	26
Graminée tempérée					
<i>Lolium perenne</i>	546	258	288	238	20

Tableau 4.3 - Composition chimique, digestibilité et quantité ingérée de foin de graminées tempérées et tropicales (d'après GUERIN 1980)

	N	Composition chimique en g/kg MS		Digesti- bilité en p.100 dMO	Ingestibilité en g/kg P ^{0,75}		
		CB	MAT		MSVI	MODI	MONDI
Graminées tempérées	11	305	82 ⁽¹⁾	65	55	35	17
Graminées tropicales	9	350	95 ⁽¹⁾	46	67	29	34

(1) Les teneurs en MAT ne correspondent pas aux valeurs habituellement observées qui sont plus élevées pour les espèces tempérées que pour les espèces tropicales ; cette différence est due au fait que les auteurs ont souvent utilisé des foin pauvres par rapport à la moyenne des foin de zone tempérée et qu'en zone tropicale ils ont souvent utilisé des fourrages cultivés plus riches que ceux des pâturages naturels

Tableau 4.4 - Composition chimique et digestibilité de repousses de 6 semaines de trois graminées et une légumineuse irriguées et fertilisées (Résultats de ROBERGE 1976, GLATTLEIDER 1976 et FAYE 1980)

	MAT	CB	ADF	Li	dMS en p.100	Productivité annuelle en T.M.S./ha
	en grammes par kg de MS					
Graminées						
<i>Panicum maximum</i>	87	340	416	51	58	25 à 30
<i>Brachiaria ruzi- ziensis</i>	116	317	365	39	61	15 à 20
<i>Brachiaria brizan- tha</i>	137	288	319	37	63	15
Légumineuse						
<i>Stylosanthes guya- nensis</i>	175	294	379	96	65	10 à 15

IV.1.1.1 - Variations génétiques

a) Différences entre les constituants pariétaux et les digestibilités des graminées tempérées et tropicales.

Les constituants pariétaux sont de même nature dans tous les fourrages (JARRIGE 1963- (1)) mais leurs proportions relatives sont différentes : les teneurs en lignine et en cellulose sont plus élevées dans les fourrages tropicaux, celles en hémicellulose sont comparables (tableau 4.2.); de même les différences entre les teneurs en cellulose brute sont remarquables sur un ensemble de foins d'origines diverses (tableau 4.3). Ces différences expliquent partiellement les plus faibles digestibilités des espèces tropicales, mais leur pauvreté en M.A.T., liée en partie aux carences du sol (§ IV.1.1.4.) agit dans le même sens.

b) Différences entre familles ou entre espèces tropicales.

Des espèces tropicales adaptées au même climat, cultivées et exploitées dans les mêmes conditions ont des compositions qui diffèrent également dans des proportions importantes (tableau 4.4).

Les teneurs en A.D.F. (Acid Detergent Fiber - cf chapitre V), en lignine et en M.A.T. varient fortement d'une espèce de graminées à l'autre et sont inférieures à celles des légumineuses. Par contre l'amplitude des variations des teneurs en cellulose brute (C.B.) est plus faible, ce qui fait percevoir le manque de signification de ce dosage pour les fourrages tropicaux (cf chapitre V).

Les différences de teneurs en M.A.T. entre légumineuses et graminées sont d'autant plus grandes que le sol est pauvre en cet élément. La solubilité de N, relativement stable pour les graminées ($33,8 \pm 2,3$ p.100 pour les plantes entières, 26 et 42 p.100 pour les feuilles et les tiges respectivement), varie pour les légumineuses entre 7 et 60 p.100 en fonction des espèces et des organes (AII et STOB 1980).

Les graminées qui ont le plus fort potentiel de croissance sont au même âge les plus riches en constituants pariétaux, les plus pauvres en azote et les moins digestibles.

c) Différences entre variétés d'une même espèce de graminées.

Six variétés de *Panicum maximum* et cinq lignées de *Cenchrus ciliaris* ont été comparées entre elles respectivement par MINSON (1971) et MINSON et BRAY (1986). Malgré des différences morphologiques (pourcentages de feuilles) importantes entre les variétés, les compositions chimiques et les digestibilités sont proches pour un stade donné. Par contre les quantités ingérées d'une même espèce diffèrent significativement d'une variété ou d'une lignée à l'autre. Ces variations

sont en relation avec le pourcentage de feuilles mais sont indépendantes de la valeur nutritive.

Des observations similaires peuvent être faites à propos des variétés K187B et C1 de *Panicum maximum* issues de la sélection de l'O.R.S.T.O.M. (Adiopodoumé - Côte d'Ivoire) et multipliées à la ferme de Sangalkam au Sénégal : les taux de refus enregistrés avec la variété C1 dont les tiges sont moins développées et les feuilles de plus petites tailles sont plus faibles qu'avec la variété K187B, mais les valeurs nutritives des deux variétés sont proches.

IV.1.1.2 - Variations chronologiques

Nous ne retiendrons ici que les variations liées au vieillissement du fourrage, les variations saisonnières étant en fait des variations liées au climat. Comme pour les fourrages tempérés le vieillissement qui accompagne la croissance se traduit par :

- la dilution de l'azote dans la matière sèche. Sa rapidité varie en fonction de la disponibilité de cet élément dans le sol (tableau 4.7) et de la vitesse de croissance de la plante.

- l'augmentation des teneurs en constituants pariétaux et la diminution de la digestibilité, sous les effets conjugués de la lignification de l'ensemble des tissus et du développement privilégié des tiges, plus riches en lignine que les feuilles (MORRIS 1980 (1)).

Il faut cependant souligner que les tiges ne sont moins digestibles que les feuilles qu'à la maturité de la plante (MORRIS 1980 (1)); pour LAREDO et MINSON (1973- (2)) la digestibilité *in vitro* des tiges de graminées serait même légèrement supérieure à celles des feuilles, mais *in vivo*, donc en absence de broyage, ces dernières seraient plus rapidement digérées du fait de la plus grande surface d'attaque qu'elles offrent aux microorganismes.

La diminution de la teneur en M.A.T. et de la digestibilité des graminées tropicales avec l'âge ont des conséquences plus importantes sur leur valeur nutritive que pour les graminées tempérées car :

- les teneurs en M.A.T. et la digestibilité aux stades jeunes sont plus faibles ,

- la composition des espèces tropicales évolue tout au long de la croissance et d'autant plus vite que celles-ci est rapide (MILLER et BLAIRANS - 1963 (1)). Elle ne marque pas de "plateau" durant la montaison comme pour les espèces tempérées (CHENOST 1975 (1)); l'évolution *moyenne* au cours du cycle de végétation est donc plus rapide avec les espèces tropicales, même si la chute journalière de digestibilité (0,2 à 0,4 points par jour - CHENOST 1975 (1)) est en moyenne plus faible que celle des espèces tempérées à partir du début de l'épiaison.

Tableau 4.5 - Influence des facteurs climatiques sur la production, la composition et la digestibilité des fourrages
(Tableau emprunté à DEMARQUILLY 1982)

	Température	Lumière	Eau
Production de matière sèche	+ (1)	+	+
Glucides solubles	-	+	-
Nitrate	-	-	ND
Constituants pariétaux	+	-	+
Lignine	+	-	+
Digestibilité	-	+	-

(1) suivant que la température est en-dessous ou au-dessus de la température optimum de croissance

Tableau 4.6 - Effet de la température sur la croissance, le rapport feuilles/tiges et la digestibilité de deux graminées tropicales et deux graminées tempérées (DIRVEN et DEINUM 1977, DEINUM 1981 ; d'après ZEMMELINK 1985)

	Graminées tropicales						Graminées tempérées					
	<i>Brachiaria ruziziensis</i>			<i>Setaria sphacelata</i>			<i>Lolium multiflorum</i>			<i>Lolium perenne</i>		
Régime de températures (°C-jour / nuit)	23/18	29/23	31/27	23/18	29/23	31/27	15/10	25/20	35/30	19/12	24/18	28/23
Age des repousses en jours	35	35	35	35	35	35	38	38	38	35	35	35
Production g MS/pot	55	132	158	99	146	137	46	65	14	44	41	30
Proportion de feuilles par rapport à la matière sèche totale produite	61	45	38	36	30	32	59	41	36	72	72	72
Digestibilité <i>in vitro</i> de la matière organique p.100	88	78	72	82	70	70	95	85	68	94	93	90

Tableau 4.7 - Productivité, composition chimique, digestibilité et quantités ingérées par des moutons de repousses de 40 jours de *Panicum maximum* K 187 B irrigué et fertilisé en fonction du climat, du sol et de la saison

	Bouaké (Côte d'Ivoire)	Sangalkam (Sénégal)			Polder de Bol (bordure du lac Tchad)	
Climat	Guinéen	Sahélien			Sahélo-saharien	
Sol	Ferralitique	Hydromorphe - sablo-argileux à faible capacité de rétention			Très riche : 7 à 8 p.100 de matière organique - pas de fertilisation	
Saison	Pas d'effet saisonnier marqué	S. sèche fraîche	S. sèche chaude	S. des pluies	S. sèche fraîche	Début S. sèche chaude (1)
Température moyenne °C		22,5	27,0	27,0	24	30
Production + kg MS/ha/j	100-120	30-40	100-130	100-130	50	130
Composition chimique - g/kg MS						
MAT	85	160	80	90	175	115
CB	340	295	340	365	275	370
NDF		630	730	750		
ADF	370 à 460	345	390	430		
LI		29	34	43		
Digestibilité - dMS en p.100	57	57	54	64(2)		
Quantités ingérées - MSVI en g/kg p ^{0,75}	64	85	64	68		
Références	GLATLEIDER 1976 - FAYE 1980	NDIAYE 1982			IEMVT 1979	

(1) pas d'observations en fin de saison sèche et en saison des pluies au Tchad

(2) diminution très rapide de la digestibilité en saison des pluies au delà de 40 jours (69 p.100 à 25 jours - 50 p.100 à 65 jours) alors qu'elle varie très peu en saison sèche fraîche (de 60 à 57 p.100) et moins en saison sèche chaude (de 59 à 53 p.100)

IV.1.1.3 - Variations liées au climat

Si le caractère limitant de la nutrition hydrique est levé, soit par la pluie, soit par l'irrigation, d'autres facteurs climatiques agissent sur la composition des fourrages, notamment la température, la luminosité et l'hygrométrie.

C'est principalement à travers la vitesse de croissance que les paramètres du climat ont une action sur le vieillissement des fourrages et donc sur la composition et la digestibilité de ceux-ci. FAYE (1980) et DEMARQUILLY (1982) ont décrit ces différents effets (tableau 4.5). Les températures apparaissent comme le facteur le plus important : élevées, elles entraînent l'accroissement de taille des organes, de leurs cellules et des parois de celles-ci, ce qui correspond à une diminution des teneurs en constituants cytoplasmiques, en particulier en azote, et à une augmentation des teneurs en constituants pariétaux qui sont également plus lignifiés (ZEMMELINK 1985). Ces deux facteurs contribuent à la diminution de la digestibilité. De plus les températures plus élevées entraînent un développement privilégié des tiges dont les inter-noeuds s'allongent ce qui provoque une baisse de l'ingestibilité (§ IV.1.2.). Ces modifications interviennent à des températures plus élevées pour les fourrages tropicaux que pour les fourrages tempérés (tableau 4.6).

En conséquence, la détermination des caractéristiques chimiques et de la digestibilité d'un fourrage ne sont valables que pour une zone climatique donnée et, si les variations mensuelles de la température sont importantes, pour une saison donnée (MICHALET DOREAU et XANDE 1979 et tableau 4.7).

IV.1.1.4 - Variations liées à la fertilité du sol

Les sols tropicaux sont généralement pauvres, en particulier en phosphore et en azote; les fourrages qu'ils portent, tout en étant également pauvres en ces éléments, s'accommodent mieux, tout au moins pour leur croissance, de ces carences que les fourrages tempérés (WILSON et HAYDOCK 1971 (1)). Cette différence est attribuée à la plus grande richesse en glucides de réserves (WILSON 1975a et 1975b (1)) et au fait que les plantes en C4 (graminées tropicales) utilisent mieux l'azote pour la production de matière sèche que les plantes en C3 (NORTON 1982 d'après ZEMMELINK 1985). Cependant comme les fourrages tempérés, les fourrages tropicaux réagissent positivement soit à des sols plus riches, soit à une fertilisation azotée (tableau 4.7.). L'amélioration de la nutrition azotée des fourrages augmente leur teneur en cet élément et, pour certains auteurs, fait diminuer la teneur en constituants pariétaux (WILSON - 1973 (1)) sans cependant modifier la digestibilité (DEINUM et DIRVEN 1976 (1)).

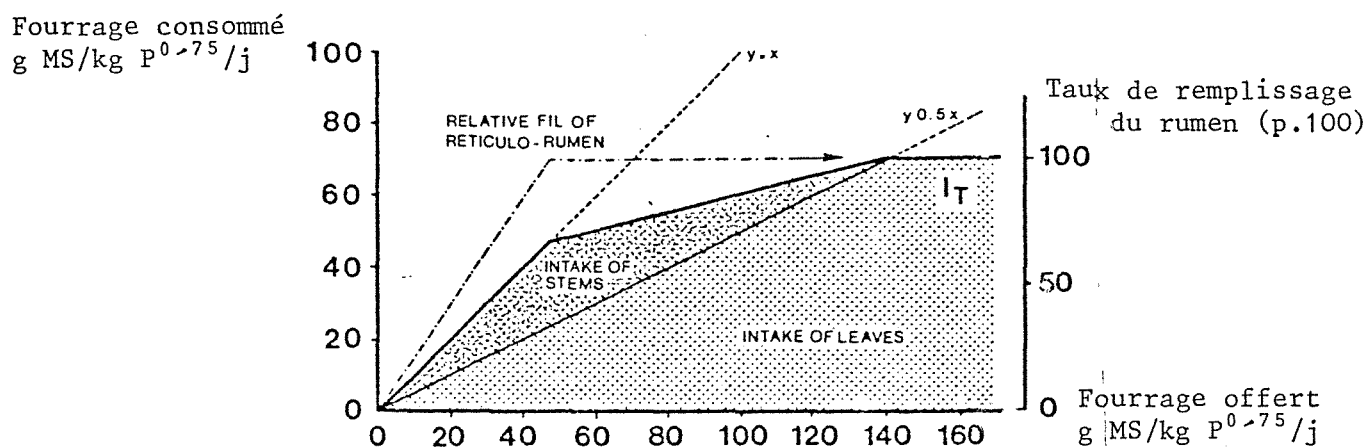


Figure 4.6 - Estimation des quantités ingérées de feuilles, de tiges et de matière sèche totale d'un fourrage constitué de 50 p.100 de feuilles et de 50 p.100 de tiges
(Figure empruntée à ZEMMELINK 1980)

Tableau 4.8 - Durée d'ingestion, nombre et taille des bouchées de vaches de race Jersey sur différents types de pâturage

	TEMPERE stade végétatif	TROPICAL stade végétatif	TROPICAL à maturité
Durée d'ingestion (mn/j)	464	561	677
Nombre de bouchées par jour	13900	22300	29900
Taille des bouchées (mg M.O. /bouchée)	430	340	170

(STOBBS et MINSON 1980 - d'après ZEMMELINK 1985)

IV.1.2 - Ingestion des fourrages herbacés tropicaux

Comme le souligne BUTTERWORTH (1985) le principal facteur de variation de l'ingestion en zone tropicale est la disponibilité en fourrage qui dépend, outre de la pluviométrie, de la gestion des pâturages. De plus le même auteur fait remarquer qu'une partie importante de la production herbacée n'est pas consommée en raison de son caractère trop grossier, comme en témoignent les taux de refus très élevés (jusqu'à 50 p.100) enregistrés lors des essais de digestibilité *in vivo*, menés en particulier sur les grandes graminées vivaces (Andropogonées) de zone soudanoguinéenne (L.N.E.R.V. 1980).

Enfin, une part importante des variations de l'ingestion est liée aux effets directs du climat sur l'animal : ces effets ont parfois été mesurés en chambres climatiques (BHATTACHARYA et HUSSAIN 1974) mais on peut reprocher à ces expérimentations de mettre les animaux en état de stress thermique et de ne pas tenir compte de l'adaptation des races des pays chauds à leur milieu, ni de l'acclimatation à long terme des races de pays tempérés introduites en milieu tropical (revue de FUQUAY 1981 (2)). D'autres études ont été menées dans des conditions climatiques naturelles (HANCOCK et PAYNE 1955 (2); PAYNE et HANCOCK 1957 (2); BERBIGIER 1983; SALL et GUERIN 1987), elles montrent toutes l'action du climat sur la capacité d'ingestion des animaux qui, dans un même lieu, peut diminuer de 15 à 20 p.100 entre la saison la plus chaude et la plus fraîche. Lorsque les animaux sont alimentés avec des fourrages verts (BUTTERWORTH 1961 (2), CHENOST 1972 (1); GRANT et al. 1974 (2); MICHALET DOREAU et XANDE 1979; RICHARD et al. 1987) il est difficile de faire la part entre les variations de l'ingestibilité des fourrages et celle de la capacité d'ingestion des animaux. Ces derniers s'ils ont accès en permanence au fourrage peuvent partiellement compenser la diminution de leur ingestion diurne par une augmentation de la durée des repas nocturnes aux heures où les températures sont plus fraîches, (WILSON 1961, revue de PAYNE 1966 (2)) ce qui n'est pas toujours le cas dans les systèmes d'élevage agropastoraux d'Afrique où les animaux ne sont souvent conduits au pâturage que quelques heures dans la journée (BUTTERWORTH 1985, GUERIN et al. 1986b).

L'étude de l'ingestibilité des fourrages tropicaux est donc délicate et devrait être menée pour chaque saison caractéristique (tableau 4.7). Comme pour les fourrages tempérés, l'ingestibilité diminue en général en même temps que la digestibilité quand le fourrage vieillit, cependant une évolution contraire a été observée pour certaines espèces (*Pennisetum clandestinum*, *Setaria sphacelata* : MILFORD et MINSON 1965 (1)). L'addition des facteurs saisonniers et des spécificités de certaines espèces font donc que, pour des séries d'essais menés dans des conditions différentes, la liaison entre digestibilité et quantités ingérées est lâche (RICHARD et al. 1987) ou inexistante (5 auteurs cités par BUTTERWORTH 1985). Par contre pour PEZO et al. 1977 (2) la dégradabilité dans le rumen mesurée après 48 ou 96 heures par la méthode *in sacco* expliquerait 92 p.100 des variations de l'ingestion; notons que pour CHENOST et al. (1970 (1)) la durée d'incubation optimale pour prévoir l'ingestibilité des fourrages tempérés ne serait que de 12 heures.

Le développement relatif des tiges et des feuilles est un facteur de variation important de l'ingestibilité (figure 4.6.). De même au pâturage la structure des plantes agit sur la taille des bouchées et les quantités ingérées (chapitre III - STOBBS 1973a et 1973b). Cependant la diminution de la

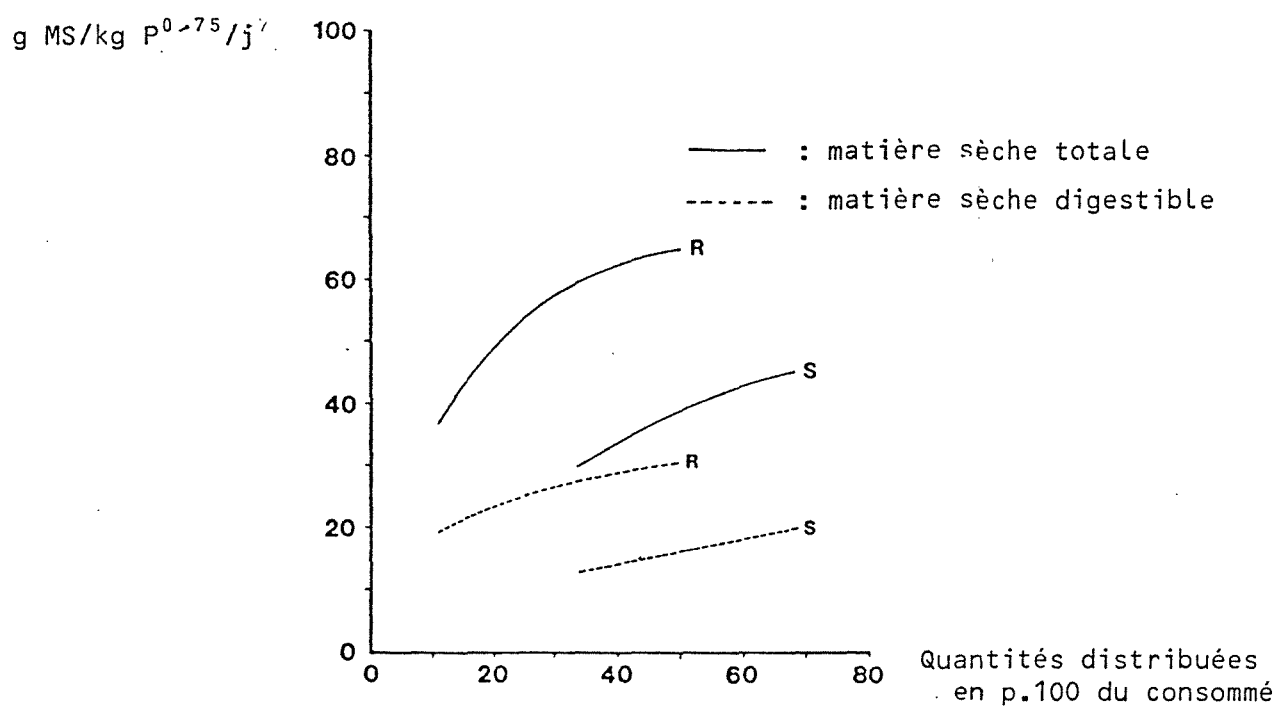


Figure 4.7 - Effet des quantités de fourrage distribué (en pourcentage du fourrage consommé) sur les quantités ingérées de foin de *Brachiaria mutica* (R) et de *Brachiaria decumbens* (S) (Figure empruntée à ZEMMELINK 1980)

taille des bouchées, lorsque le fourrage vieillit et que le pourcentage de feuilles diminue, est partiellement compensée par une augmentation de la durée d'ingestion (tableau 4.8.).

L'ingestibilité des fourrages tropicaux varie en fonction de leur teneur en MAT : ELIOTT et TOPPS (1963 (2)) et MINSON (1971 (2)) ont enregistré des baisses de consommation lorsque la teneur en MAT des fourrages verts devenait inférieure à 5,5 et même 8,5 p.100 de la matière sèche; par contre BUTTERWORTH (1965 (2)) n'a pas observé de diminution de MSVI avec du *Panicum maximum* contenant 55 g de MAT par kg MS, toutefois le calcul de la teneur en MAT du fourrage effectivement consommé par les moutons révéla à l'auteur (BUTTERWORTH 1985) qu'ils avaient trié un fourrage titrant 76 g de MAT/kg MS; cette expérimentation et la figure 4.7. montrent l'importance des refus généralement compris entre 10 p.100 (CHENOST 1973)(1) et 30 p.100 (RICHARD et al 1987) dans l'exploitation des fourrages tropicaux, naturels ou cultivés. La fixation, pour l'étude des fourrages, d'un taux de refus a priori pose un problème méthodologique qui ne semble pas résolu actuellement.

Les teneurs en minéraux des fourrages tropicaux (phosphore, calcium, cuivre, zinc principalement en Afrique tropicale sèche : FAYE et GRILLET 1984, HEINIS 1984, CISSE 1985 ; soufre en Australie, cobalt en Afrique de l'Est et du Sud : BUTTERWORTH 1985) sont le plus souvent inférieures aux seuils de carence déterminés pour la croissance ou même l'entretien (LAMAND in INRA 1978). Ces carences limitent le métabolisme de l'animal, pour certains éléments celui de la flore du rumen et donc la vitesse de digestion déterminante pour le contrôle de l'ingestion des fourrages pauvres : le rôle des minéraux dans les variations de l'ingestion est examiné en détail dans la revue de MANNETJE et EBERSOHN (1980 (2)).

Finalement les facteurs de variation de l'ingestibilité des fourrages tropicaux sont les mêmes que ceux qui agissent sur la digestibilité et surtout la vitesse de digestion dans le rumen. De même qu'il est rare de mesurer des digestibilités supérieures à 65 p.100, les quantités ingérées par les moutons sont presque toujours inférieures pour les fourrages tropicaux les plus riches à 65-70 g MS par kg de poids métabolique, alors qu'elles dépassent souvent 75 g en zone tempérée. Inversement pour des fourrages de digestibilité faible les quantités ingérées par les races tropicales sont plus élevées que celles qui seraient attendues en zone tempérée (RICHARD et al. 1987). Cette différence traduit l'aptitude des races tropicales à valoriser des fourrages pauvres.

IV.2 - Les fourrages ligneux : leur valeur alimentaire

La faible valeur alimentaire des fourrages naturels herbacés en saison sèche et l'attrait naturel qu'exercent de nombreuses espèces ligneuses sur les ruminants, en particulier les ovins et les caprins, justifient l'étude de ces fourrages qui, pour la plupart des espèces, sont verts toute l'année et contribuent largement à la survie du bétail lors des années de sécheresse en Afrique. Les premières études sur la valeur nutritive des ligneux spontanés ont été menées en Australie. Des travaux plus nombreux ont été réalisés dans plusieurs pays sur *Leucaena glauca*, espèce qui a l'avantage d'être représentée par de nombreux écotypes adaptés à une grande variété de climats (des isohyètes 500 mm à 5 000 mm - BOGDAN 1977).

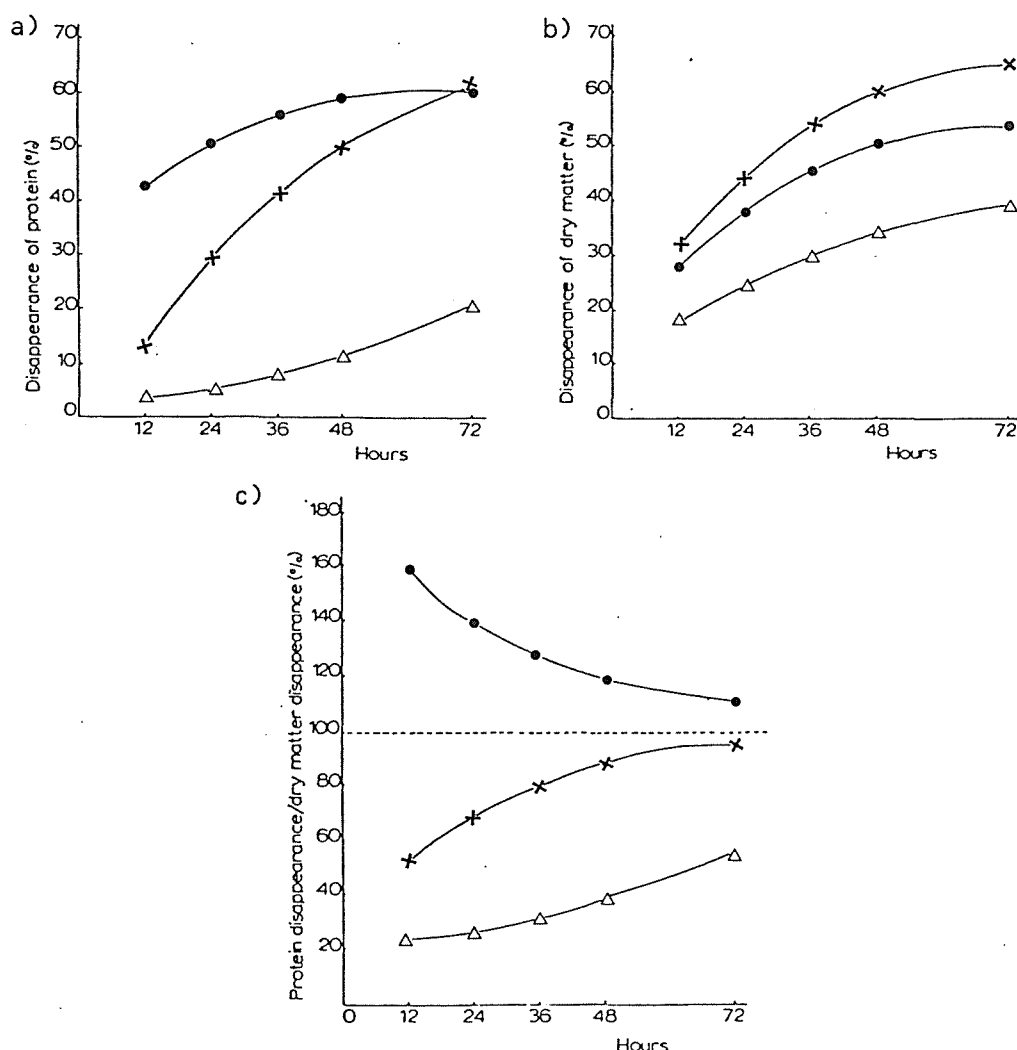


Figure 4.8 - a) Différence entre trois espèces du taux de disparition des protéines dans le rumen
b) Différence entre trois espèces de la digestibilité dans le rumen
c) Rapport des digestibilités in sacco de la matière sèche et des M.A.T (d'après AII et STOBBS 1980)

● = *Panicum maximum* Cultivar Gaston ; × = *Leucaena leucocephala* ; Δ = *Desmodium intortu*

Tableau 4.9 - Résultats d'essais de digestibilité in vivo sur des fourrages produits au Mali (d'après DIAGAYETE 1981)

	MAT	CB	ADF	Li	dMO	dMA	dCB	dADF	dLi
	en g/kg MS				en p.100				
Graminées									
foin d' <i>Andropogon gayanus</i> (vivace)	52	368	408	49	48,2	0	51,3	43,6	0 ?
foin de <i>Schoenefeldia gracilis</i> (annuelle)	106	321	372	50	66,5	47,1	77,2	71,3	11,3
Légumineuses cultivées									
foin d'arachide	114	307	362	75	67,8	67,3	47,3	48,7	2,9
foin de niébé (<i>Vigna sinensis</i>)	125	244	280	58	66,2	75,0	42,0	46,1	3,8
Ligneux									
feuilles d' <i>Acacia albida</i>	106	202	235	112	52,2	13,8	40	0 ?	0 ?
feuilles de <i>Pterocarpus lucens</i>	192	257	318	172	56,4	49,6	12,5	0 ?	0 ?
feuilles d' <i>Adansonia digitata</i>	149	133	182	56	62,9	30,1	28,7	0 ?	0 ?

La principale caractéristique des feuilles ou même des fruits des ligneux par rapport aux fourrages herbacés est leur teneur élevée en MAT comprise entre 60 et 230 g/kg MS (MAC LEOD 1973, RIVIERE 1978, DIAGAYETE 1981, KONE 1984). Mais la digestibilité de cet azote est très irrégulière puisqu'elle varie de 14 à 82 p.100 (WILSON 1977). Les teneurs en matières azotées apparemment non digestibles (MAND) peuvent être très élevées (jusqu'à 10 p.100 de MS) comparativement à celles des fourrages herbacés qui sont en moyenne de 4 p.100 (DEMARQUILLY et al. in INRA 1978). L'indisponibilité fréquente de l'azote des ligneux peut également être mise en évidence au laboratoire en mesurant sa solubilité (méthode de DURAND in VERITE et DEMARQUILLY 1978) ou sa dégradabilité pepsique comprise entre 15 et 95 p.100 suivant les espèces (KONE 1984). La faible digestibilité de l'azote s'explique par deux facteurs complémentaires :

- comme certaines légumineuses herbacées (*Desmodium uncinatum* par exemple; AII et STOBBS 1980) les ligneux contiennent parfois des tannins qui limitent la digestibilité de l'azote : DIAGAYETE (1981) a montré que la solubilité de l'azote des feuilles de ligneux sahéliens dans une solution de pronase diminue quand la teneur en tannins de ces feuilles augmente.

- la répartition de l'azote entre les contenus cellulaires et les parois est différente de celle des fourrages herbacés; en effet pour GOERING et VAN SOEST (OSBOURN 1978) l'azote des fourrages ayant de fortes teneurs en MAND, doit être en grande partie lié à l'ADF (chapitre V).

L'insolubilité partielle de l'azote des ligneux a un intérêt nutritionnel si ce même azote est digestible dans l'intestin : c'est ainsi que la production de vaches laitières consommant des graminées vertes contenant 20 p.100 de MAT (très solubles) peut être augmentée par une complémentation de *Leucaena* dont les MAT sont moins solubles (AII et STOBBS 1980 : figure 4.8.) et qui a les mêmes effets que la caséine (STOBBS 1977 et FLORES 1979 d'après les mêmes auteurs). Pour des régimes plus pauvres consommés par des animaux à l'entretien, on peut faire l'hypothèse que de l'azote non fermentescible mais digestible dans l'intestin est bien valorisé, y compris au bénéfice de la flore du rumen, en raison de l'aptitude du cheptel tropical à limiter les pertes d'azote dans les urines et à le recycler dans l'urée salivaire (ELIOTT et TOPPS 1963-(2)).

Les teneurs en constituants pariétaux sont également différentes de celles des fourrages herbacés et très variables d'une espèce à l'autre (tableau 4.9). Les teneurs en CB ou en ADF sont en moyenne plus faibles que celles des fourrages herbacés par contre les teneurs en lignine sont le plus souvent supérieures : des maxima de 22 et 27 p.100 de lignine ont été mesurés respectivement pour des feuilles et des gousses par DIAGAYETE (1981), de même 50 p.100 des échantillons analysés par KONE (1984) ont des teneurs en lignine supérieures à 10 p.100 de MS.

La diversité chimique des ligneux se répercute sur leur digestibilité qui varie de 30 à 75 p.100 (MAC LEOD 1973 - WILSON 1977) et est en moyenne plus faible que celle des fourrages herbacés verts : 68 p.100 des échantillons étudiés par MAC LEOD (1973) ont une dMS inférieure à 50 p.100. La mesure de la solubilité par des tests à la pepsine cellulaire donne des résultats aussi variables compris entre 30 et 85 p.100 (KONE 1984). La variabilité des résultats de digestibilité est liée à des différences entre espèces, indépendamment des familles botaniques auxquelles elles appartiennent. WILSON (1977) a mis en évidence la supériorité des dMS mesurées sur les espèces arbustives, par rapport aux arbres poussant dans les mêmes milieux. Les différences entre individus d'une

même espèce peuvent atteindre 10 points de digestibilité et, entre les saisons pour un même individu, 6 points (MAC LEOD 1973). La variabilité intraspécifique de dMS pose des problèmes pour l'échantillonnage et pour l'utilisation des résultats d'analyse, ce qui n'est d'ailleurs pas spécifique aux fourrages ligneux.

Pour MAC LEOD (1973) l'idéal serait de faire des plantations et de mettre en place des protocoles permettant d'étudier les facteurs "espèce", "site", "saison" et leurs interactions, ce qui dans la pratique est moins aisé que pour les fourrages herbacés.

Un autre aspect de la valeur nutritive des ligneux est leur teneur en minéraux; ils présentent en particulier, comme la strate herbacée, de faibles teneurs en phosphore : 84 p.100 des échantillons étudiés par MAC LEOD (1973) en contiennent moins de 0,2 p.100. Les teneurs en oligoéléments sont parfois légèrement supérieures à celles des herbes des pâturages correspondant, probablement en raison de l'enracinement plus profond des ligneux (CISSE 1985).

La faible ingestibilité de nombreux fourrages ligneux et la difficulté de récolte des espèces à petites feuilles (*Acacia* notamment) sont des entraves à la réalisation des nombreuses mesures *in vivo* qui seraient nécessaires pour préciser la valeur de ces fourrages et mettre au point des méthodes de prévision de dMS fiables (MAC LEOD 1973) (cf chapitre V). Sur les 9 espèces qu'il a tenté d'étudier sur moutons, WILSON (1977) a dû en distribuer deux à des caprins plus grands consommateurs de ligneux et en mélanger deux autres à de la luzerne; les coefficients de digestibilité étaient alors calculés par différence.

Les quantités ingérées lors de ces essais étaient faibles aussi bien pour les ovins que pour les caprins et comprises entre 25 et 65 g de MS par kg $P^{0.75}$; elles ne présentaient aucune liaison avec la digestibilité. WILSON (1977) note cependant que le séchage, même à l'air libre, a pu avoir un effet dépressif sur l'ingestibilité et que l'appétabilité des ligneux à l'auge est probablement différente de ce qu'elle est au pâturage. MEURET (1987) a cependant réussi à augmenter les niveaux de consommation de chèvres en cage de digestibilité en reproduisant, par une technique très lourde, les conditions de broutement sur pâturage.

Ces résultats montrent l'inaptitude des ligneux à constituer à eux seuls une ration, sauf peut être pour les caprins placés dans des situations extrêmes. Ces fourrages doivent être considérés comme des aliments d'appoint et leur effet bénéfique sur la valeur (azotée en particulier) des rations est à vérifier pour chaque espèce.

Conclusion :

Les fourrages tropicaux ont en général de faibles teneurs en azote et en énergie comme en témoignent les moyennes calculées par BUTTERWORTH (1967 a et b (2)) et GOHL (1975 (2)) à partir des résultats d'analyses disponibles :

- se référant aux normes préconisées pour l'estimation des besoins d'entretien des ruminants par le N.R.C. (National Research Council), GOHL constate que 27 p.100 des échantillons d'herbe ont une teneur en MAT inférieure à 7 p.100, tandis que BUTTERWORTH estime ce pourcentage à 50 p.100. Par contre pour GOHL, seulement 5 p.100 des échantillons de ligneux auraient une teneur en MAT inférieure à cette norme, mais celle-ci ne semble pas applicable dans ce cas

Tableau 4.10 - Teneurs en matières azotées des fourrages disponibles et consommés par les ruminants en saison sèche sur un territoire agropastoral sénégalais sous climat soudano-sahélien (GUERIN et al 1985)

	MAT en g/kg MS
Pailles de céréales	30
Pailles de graminées spontanées	30 - 40
Feuilles de céréales	45 - 55
Feuilles et fruits d'espèces herbacées diverses	50 - 70
Pailles de légumineuses spontanées	60 - 80
Feuilles d'arachides tombées au sol	100 - 130
Feuilles de ligneux	80 - 200

puisque leur azote peut être peu digestible.

- les teneurs en énergie couvrent en général les besoins d'entretien mais sont souvent limitantes pour la croissance. GOHL et BUTTERWORTH estiment que 53 p.100 ou 43 p.100 respectivement des échantillons ont une teneur en TDN (Total Digestible Nutriments) inférieure à 55 p.100, valeur recommandée pour le bétail en croissance (NRC d'après BUTTERWORTH 1985). Le déficit en énergie est donc moins prononcé que celui en azote mais il est limitant dans certaines conditions de production, d'autant plus qu'en zone tropicale la complémentation azotée est souvent plus aisée à mettre en oeuvre que la complémentation énergétique.

Ce bilan serait encore plus pessimiste si BUTTERWORTH (1967 a et b) (2) et GOHL (1975) (2) avaient tenu compte de la part relative de chaque fourrage dans le disponible : en zone tropicale sèche par exemple l'essentiel des fourrages disponibles en saison sèche est constitué par des pailles sèches contenant de 20 à 40 g de MAT par kg de MS et dont la digestibilité varie entre 40 et 45 p.100 (LNERV 1981). Cependant, la survie et la production du bétail tropical reposent sur le comportement sélectif des animaux vis à vis des fourrages qui leur sont accessibles et sur la diversité de ces fourrages (tableau 4.10).

CHAPITRE V

METHODES D'ESTIMATION DE LA DIGESTIBILITE - APPLICATION AUX FOURRAGES TROPICAUX ET AUX PATURAGES

Introduction :

Les nombreuses équipes travaillant sur les méthodes de prévision de la digestibilité se sont attachées à trouver des techniques de laboratoire légères permettant de s'affranchir des mesures *in vivo* basées sur le principe des bilans entre l'ingéré et excrété. Ces dernières sont en effet longues et onéreuses et non applicables à l'étude de l'alimentation des ruminants au pâturage car il n'est pas possible d'y mesurer directement l'ingéré.

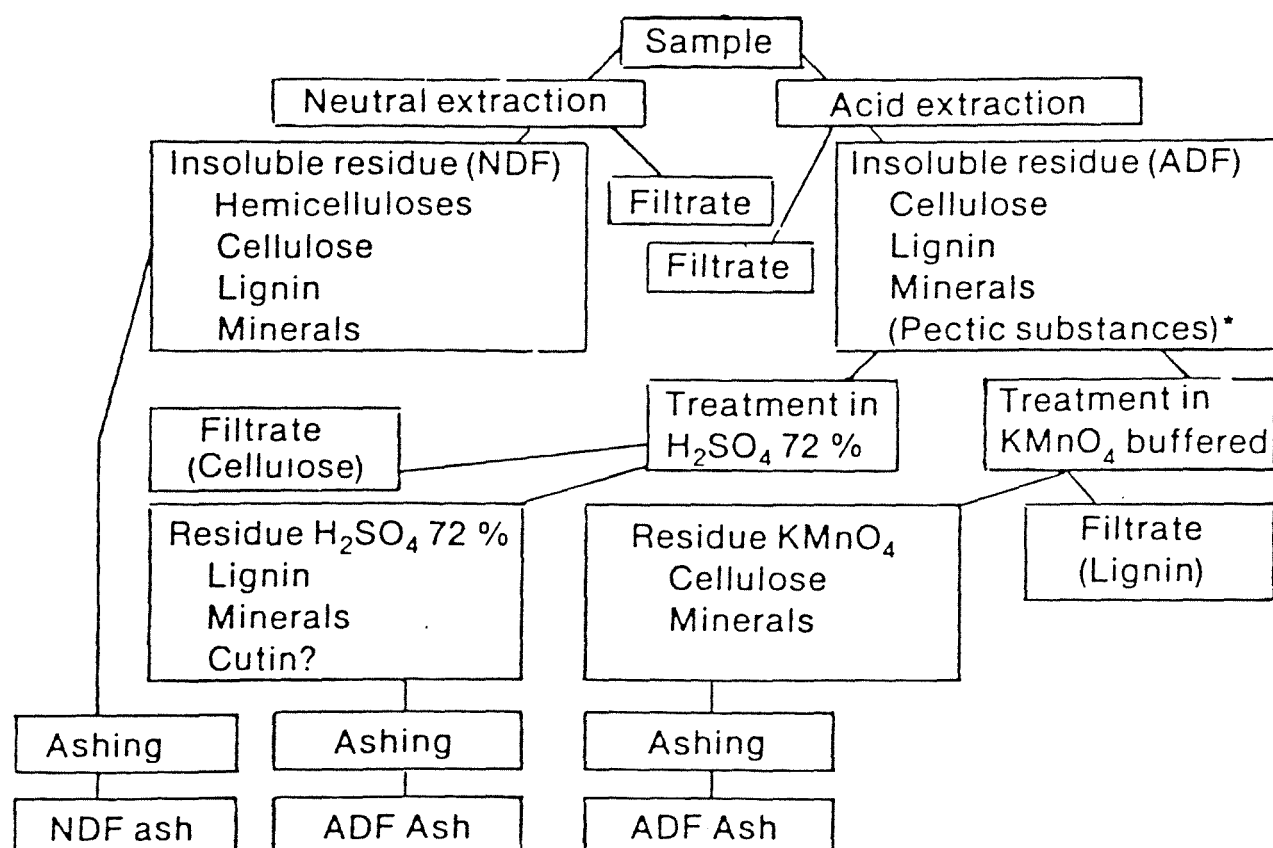
La démarche générale consiste donc à établir des relations entre les digestibilités mesurées "*in vivo*" pour un nombre limité de fourrages et, d'autre part, les caractéristiques botaniques, physiques ou chimiques de ces fourrages, leur solubilité mesurée par des techniques biologiques ou enzymatiques ou encore la composition chimique des fèces des animaux qui les consomment.

Les spécificités des fourrages tropicaux limitent l'utilisation de certaines de ces méthodes. Nous évoquons ici les problèmes rencontrés dans leur application et leur adaptation éventuelle à ces fourrages.

V.1 - Tables de valeur alimentaire

Les tables donnant la valeur alimentaire des fourrages en fonction du stade et de l'âge de la plante (INRA 1978, GOHL 1982, GILIBERT 1984, XANDE et al. 1985) sont d'une utilisation encore plus délicate en zone tropicale qu'en zone tempérée compte tenu de la grande variabilité des conditions climatiques et édaphiques qui agissent sur la croissance et la composition des fourrages. A la limite, pour les fourrages cultivés, elles ne sont utilisables que dans les strictes conditions de production et d'exploitation dans lesquelles ont été menés les essais (chapitre IV). Pour les autres fourrages elles devraient tenir compte d'un grand nombre de facteurs qui les rendraient très complexes; par exemple pour les pâturages naturels : composition floristique (variable pour un même pâturage d'une année à l'autre), productivité, stade, pression d'exploitation etc... Il est donc important de disposer de méthodes de laboratoire rapides et valables pour toutes les situations.

Tableau 5.1 - Principe de la méthode de Van Soest



Van Soest 1967

1. Van Soest (1963) 2. Van Soest (1968) * Bailey et Ulyatt (1970)

Determinations:

Hemicelluloses = $\text{NDF} - \text{ADF}$

Cellulose = $(\text{ADF} - \text{Residue H}_2\text{SO}_4 \text{ 72 \% (1)})$ or $(\text{residue KMnO}_4 - \text{ADF Ash (2)})$

Lignin = $(\text{Residue H}_2\text{SO}_4 \text{ 72 \%} - \text{ADF Ash (1)})$ or $(\text{ADF} - \text{Residue KMnO}_4 \text{ (2)})$

V.2 - Méthodes physiques

Divers tests physiques (indice de fibrosité des fourrages - DEMARQUILLY et JARRIGE 1981; épaisseur des parois mesurées au microscope KLOCK et al 1975 d'après BUTTERWORTH 1985 ; mais aussi fibrosité et taille moyenne des particules des fèces - JARRIGE 1965) ont donné des résultats ponctuels (pour une espèce ou un groupe de fourrages) assez précis, mais les difficultés de généralisation des résultats à d'autres espèces que celles étudiées et de standardisation des méthodes expliquent probablement leur faible développement. Pourtant les travaux récents de MINSON et al (1983) montrent que la mesure de la réflectance des fourrages dans le "proche infrarouge" permet d'estimer pour un ensemble d'espèces, non seulement la digestibilité avec une bonne précision ($\pm 2,7$ points), mais aussi la teneur en matières azotées et l'ingestibilité avec des précisions de $\pm 0,77$ g MAT/kg MS et de $7,2$ g MSVI/kg $P^{0,75}$ respectivement.

V.3 - Méthodes chimiques

Les dosages chimiques simples tels que celui de la cellulose brute de WEENDE (C.B.) associé ou non à celui des matières azotées totales (M.A.T.) permettent de prévoir la digestibilité des fourrages des zones tempérées avec une précision satisfaisante (± 2 à 3 points - INRA 1984) même pour les prairies naturelles. Ce n'est pas le cas pour les fourrages tropicaux, car d'une part la teneur en azote et sa digestibilité varient avec un grand nombre de facteurs autres que le stade de développement et la teneur en constituants pariétaux (revues de FAYE 1980 et BUTTERWORTH 1985); de plus, la part de la lignine, principal facteur d'indigestibilité des parois, associée à la cellulose brute serait plus faible dans les fourrages tropicaux. Cela expliquerait que pour ces derniers la digestibilité de CB soit souvent supérieure à celle d'ENA (BUTTERWORTH 1985). En conséquence les teneurs en CB et MAT ne permettent pas de prédire correctement la digestibilité des fourrages tropicaux (DEINUM et DIRVEN 1975 (1) ; BUTTERWORTH 1985).

Le manque de signification de CB pour les fourrages tropicaux a contribué au développement des méthodes permettant de mieux caractériser les constituants pariétaux. Les méthodes de *fractionnement des parois*, et les dosages successifs de leurs constituants dans les hydrolysats (JARRIGE 1963), malgré la bonne connaissance de la composition chimique des fourrages qu'elles permettent, ne se sont pas plus développées pour les fourrages tropicaux que pour les fourrages tempérés, car, longues et délicates, elles ne se prêtent ni aux analyses de routine ni à l'automatisation. La plupart des laboratoires dosent donc les parois par des méthodes gravimétriques "basées sur la propriété d'insolubilité des fractions - hemicellulose, cellulose, lignine - et le plus souvent de l'ensemble - lignocellulose - vis à vis de certains réactifs acides ou de solutions détergentes" (TOLLIER 1979 (1)).

La plus utilisée est la méthode de VAN SOEST (tableau 5.1) dont la description officielle est donnée par GOERING et VAN SOEST 1970 (1) : le fourrage est d'une part attaqué par un détergent neutre (N.D.S. : "neutral detergent solution"), le résidu obtenu après filtration est assimilé à l'ensemble des constituants pariétaux; l'échantillon est par ailleurs soumis à l'action d'un détergent acide (ADS : "acid detergent solution") qui solubilise les contenus cellulaires et les hemicelluloses, le résidu obtenu est l'Acid Detergent Fiber (A.D.F.) assimilé à la ligno-cellulose. Le résidu ADF est ensuite attaqué par de

(1) Revue de FAYE (1980)

(2) Revue de BUTTERWORTH (1985)

l'acide sulfurique - 72 p.100 ; le résidu est alors la lignine dénommée "acid detergent lignin" (A.D.L.). Les méthodes de dosage de la lignine, parfois considérée comme le meilleur critère de digestibilité des fourrages (NEHRING 1976 (1)) sont nombreuses (revue de FAYE 1980) ; les différences entre les résultats obtenus par ces méthodes s'expliquent par la structure chimique complexe de la lignine. Un critère d'appréciation des méthodes de dosage de la lignine est la mesure de sa digestibilité *in vivo*, théoriquement nulle : la méthode à l'acide sulfurique proposée par VAN SOEST (1963) donne par exemple des résultats comparables à ceux obtenus avec la méthode de référence d'ELLIS qui utilise également H₂ SO₄ - 72 p.100 (WILSON et al 1971) et meilleurs que la méthode au permanganate de VAN SOEST et WINE (1968) (WILSON et al 1971 et PUGLIESE et al 1976). Finalement le dosage de la lignine est le plus souvent effectué avec H₂ SO₄ - 72 p.100 (revues de STREETER 1969, FAYE 1980, MEIJIS 1981, HOLECHEK et al. 1982, JUAREZ 1985).

Les teneurs en hémicellulose et en cellulose sont respectivement estimées par les différences "NDF-ADF" et "ADF-Li". FAYE (1980) a fait l'historique de l'amélioration de la méthode de VAN SOEST visant notamment à mieux identifier et éliminer les différents contaminants des résidus NDF, ADF et Li pour améliorer la précision de l'estimation de la digestibilité : il s'agit en particulier des matières minérales, des matières azotées et de l'amidon. La répartition particulière de ces trois groupes de constituants dans certains fourrages tropicaux (chapitre IV) rend probablement nécessaire l'application de ces modifications ou compléments de la méthode originelle de VAN SOEST.

Appliquée à la prévision de la digestibilité des légumineuses tropicales, la méthode de VAN SOEST donne de meilleurs résultats que les autres méthodes de laboratoire (ci-dessous) (MAC LEOD et MINSON 1966 (1)) et plus précis que pour les légumineuses tempérées (VAN AERTS 1977 (1)). Par contre si on considère l'ensemble des fourrages (graminées et légumineuses) la précision est plus faible qu'en zone tempérée (TINNIMIT et THOMAS - 1976 (1)).

En général, les résidus ADF (KAYANGO et MALE 1976 (2) ; FAYE 1980 ; JUAREZ 1985) et plus rarement lignine contenue dans l'ADF (PARRA et al. 1972 (2)) sont considérés comme les meilleurs prédicteurs chimiques de la digestibilité. Par contre le NDF qui donne pourtant de meilleurs résultats que l'ADF avec la bruyère (MILNE 1977), fourrage dont les caractéristiques sont proches de celles des fourrages grossiers tropicaux, pose des problèmes avec certains fourrages tropicaux ; en effet, une partie des constituants pariétaux peut être dissoute par le sulfite de sodium rentrant dans la composition du NDS (Neutral Detergent Solution), ce qui explique que, pour certains fourrages ligneux en particulier (KONE 1984), la teneur en ADF soit plus élevée ou très proche de celle en NDF mesurée par la méthode classique (MOIR et SWAIN 1972 d'après WILSON 1977). Pour supprimer cette anomalie ces auteurs n'introduisent pas le sulfite de sodium dans le NDS.

La signification douteuse du dosage de NDF des fourrages tropicaux est une des raisons pouvant expliquer le manque de précision (PUGLIESE et al 1976) de l'estimation de la digestibilité avec l'équation sommative de VAN SOEST (1967)(1):

$$dMS = 0,98 (100 - NDF) - 12,9 + NDF (1,473 - 0,789 \log \frac{Li}{ADF}) - 3 SiO_2$$

- où . NDF exprime la teneur totale en parois,
 . Li/ADF le degré de lignification de la cellulose
 . 3 SiO₂ l'effet dépressif de la silice sur la digestibilité
 . 12,9 l'excrétion fécale d'origine microbienne et endogène
 (12,9 g/100g MS ingérée).

Les autres facteurs d'imprécision de l'équation sommative sont dus au fait que :

- la liaison entre cellulose et lignine n'est pas aussi étroite pour les fourrages tropicaux que pour les fourrages tempérés (VAN SOEST et ROBERTSON - 1979 (1)) en particulier la digestibilité de l'ADF des ligneux serait peu dépendante de leur teneur en lignine (WILSON 1977).

- l'effet dépressif de la silice sur la digestibilité des fourrages tempérés n'a pas été clairement démontré pour les fourrages tropicaux (BUTTERWORTH 1985).

- enfin, le terme constant correspondant à l'excrétion fécale endogène et microbienne devrait probablement être augmenté pour les fourrages peu digestibles, qui entraînent avec eux plus de matériel microbien; il pourrait atteindre, par exemple, "- 16,6" au lieu de "- 12,9" pour des rations à base de fourrages ligneux (WILSON 1977).

V.4 - Méthodes biologiques

Les méthodes biologiques de prévision de la digestibilité consistent à soumettre des microéchantillons de fourrages à la digestion microbienne dans des conditions reproduisant celles du rumen et à relier le taux de disparition du fourrage à la digestibilité "in vivo". La méthode la plus utilisée est la *digestibilité in vitro en deux temps* de TILLEY et TERRY (1963) : le fourrage est introduit dans un tube fermé avec du jus de rumen mélangé à de la salive artificielle et mis en incubation pendant 48 heures dans des conditions physicochimiques proches de celles du rumen. La digestion microbienne est suivie d'une deuxième attaque de 48 heures par une solution acide de pepsine simulant la digestion enzymatique *in vivo* des matières azotées d'origine alimentaire ou microbienne. Le taux de matière sèche ou de matière organique disparue à l'issue des deux phases est appelé digestibilité "in vitro" (D.I.V.). L'application de la méthode de TILLEY et TERRY aux fourrages tempérés permet de prévoir leur digestibilité *in vivo* avec une grande précision (écarts-types résiduels voisins de 2 points de digestibilité), à l'aide d'équations générales valables pour l'ensemble des fourrages.

La précision est plus faible (écarts-types résiduels de 2 à 5 points de digestibilité) pour les fourrages pauvres et, parmi eux, les fourrages tropicaux, dont les caractéristiques agissent négativement sur l'activité cellulolytique *in vitro* du jus de rumen ou accroissent les biais attachés à la méthode :

- l'écart entre la digestibilité *in vivo* (plus élevée) et la digestibilité *in vitro* (plus faible) s'accroît quand la teneur en azote du fourrage diminue en deçà de 10 p.100 de MAT dans la matière sèche (PUGLIESE et al 1976) ; de plus du matériel microbien resterait fixé aux parois dans le résidu final obtenu à l'issue de la méthode *in vitro* en deux temps et cette source d'erreur serait plus importante avec les fourrages de faible digestibilité, ce qui accroîtrait pour ceux-ci la différence "d vivo - d vitro" (VAN SOEST et al. 1966 d'après WILSON 1971).

- les caractéristiques du jus de rumen et la flore microbienne ne doivent pas trop varier d'une expérimentation à l'autre pour que soient possibles

les comparaisons entre fourrages et entre laboratoires. Cette condition semble très importante pour les fourrages tropicaux dont la digestibilité *in vitro* varie en fonction du taux de dilution du jus de rumen. (MAC LEOD et MINSON 1969 (1)). Pourtant VAN DYNE et MEYER (1964) ont proposé une méthode d'étude de la valeur alimentaire des parcours naturels basée sur les prélèvements simultanés au pâturage des bols oesophagiens et de jus de rumen, malgré la grande variabilité qui affecte ce dernier lorsqu'il est recueilli sur des animaux au pâturage (SCALES 1974 d'après JUAREZ 1985). L'utilisation d'animaux "donneurs" alimentés au pâturage n'est d'ailleurs possible que si celui ci est proche du laboratoire, ce qui est rarement le cas en zone de pâturage extensif. On utilise donc plus souvent des animaux en stabulation; le choix de l'aliment qu'ils reçoivent est alors déterminant pour l'activité cellulolytique du jus de rumen et il semble préférable d'utiliser des fourrages riches en azote, comme des fanes de légumineuses que des sous-produits agro-industriels (FRIOT 1983) dont les parois sont peu digestibles : à titre d'exemple, la digestibilité de la cellulose brute de rations à base de coque d'arachide est de l'ordre de 20 p.100 -(LNERV 1983).

- signalons enfin que pour les fourrages grossiers et les fourrages tropicaux en général, le tri de l'animal joue un rôle important sur la digestibilité *in vivo*, alors qu'en général les échantillons testés par la méthode *in vitro* correspondent au fourrage proposé (OLUBAJO et al. 1974 (1)).

Malgré ces nombreuses sources d'imprécision la méthode de TILLEY et TERRY (1963) est la plus utilisée des méthodes d'estimation de la digestibilité aussi bien pour l'étude des fourrages cultivés que celle des fourrages naturels herbacés (BIRREL 1980) ou ligneux (MAC LEOD 1973). La qualité des résultats est fonction de l'application de certaines précautions, parmi lesquelles :

- la mesure de la digestibilité *in vivo* et *in vitro* de la matière organique plutôt que de la matière sèche. En effet, les matières minérales ont une digestibilité *in vitro* supérieure à celle *in vivo*, 71 et 47 p.100 respectivement (MAC LEOD et MINSON 1974 (1)), et peuvent être l'objet de contaminations (terre, bols oesophagiens...).

- le calcul de la digestibilité *in vitro* du fourrage consommé, à chaque fois que cela est possible, en effectuant les mesures *in vitro* sur le fourrage proposé et refusé (FRIOT 1983).

- la mesure de la digestibilité *in vitro* des parois (NDF) qui améliore également la précision de la méthode (WILSON 1977).

Ces précautions sont également valables pour la méthode "*in sacco*" (DEMARQUILLY et CHENOST 1969 (1)) basée sur le même principe que la précédente, mais pour laquelle la première phase a lieu "*in situ*", c'est à dire dans le rumen des animaux fistulés. Cette méthode qui permet d'étudier la cinétique de la digestion microbienne mesurée (à 12, 24, 48, 72, 96 heures) est surtout utile pour classer les fourrages en fonction de leur digestibilité ou pour estimer leur ingestibilité; ce dernier point est d'une étude délicate en zone tropicale où l'ingestion est largement fonction des facteurs saisonniers qui agissent directement sur l'animal (CHENOST 1975 (1)). La méthode "*in sacco*" peut aussi constituer une alternative, toutefois moins précise, à la méthode *in vitro*, pour l'étude de fourrages contenant des facteurs antinutritionnels. C'est le cas de certains ligneux : en effet avec la méthode *in sacco* ces substances sont

diluées dans l'ensemble du rumen et perdent leurs effets, ce qui n'est pas le cas *in vitro*.

Signalons enfin le test de HOHENHEIM (MENKE et al 1979) appliqué à des fourrages sahéliens par DIAGAYETE (1981) qui consiste à mesurer *in vitro*, non pas la digestibilité, mais la production de gaz et à relier directement ce résultat aux teneurs en matière organique digestible et en énergie métabolisable.

V.5 - Méthodes enzymatiques

Les particularités chimiques des fourrages tropicaux et les difficultés rencontrées pour alimenter les animaux donneurs de jus de rumen avec des aliments standards contribuent à limiter l'utilisation des méthodes biologiques d'une précision pourtant supérieure à celle des méthodes chimiques (ensemble des revues sur ce sujet). Cette tendance est accentuée par le développement des méthodes enzymatiques, en particulier la méthode "*pepsine-cellulase*" (AUFRERE 1982) qui, tout en étant aussi précises que les méthodes *in vitro*, tout au moins pour les fourrages cultivés (FAYE 1980), permettent de se passer des animaux fistulés et sont applicables sans modification aux fourrages pauvres et aux fourrages tropicaux (GOTO et MINSON 1977, ADEGBOLA et PALADINES 1977). De plus, grâce à la commercialisation de cellulases purifiées, la méthode est facile à standardiser (FAYE 1980). Cependant les méthodes enzymatiques ne semblent pas avoir encore été appliquées aux parcours naturels, à flore complexe, des zones arides (JUAREZ 1985); leur utilisation nécessite la mise au point préalable d'équations générales, valables au moins pour les graminées et les légumineuses, reliant la digestibilité *in vivo* à la dégradabilité enzymatique, ce qui a été obtenu par JONES et HAYWARD (1975) et AUFRERE (1982) avec des fourrages cultivés mais n'a pas été possible pour TERRY et al. (1978) ou FAYE (1980).

V.6 - Méthodes des rapports

Les méthodes évoquées jusqu'ici ne font appel qu'à des échantillons de fourrage. Or, la composition des fèces est fonction de la composition de l'ingéré et de la digestibilité de celui-ci (JARRIGE 1965). Les méthodes chimiques qui utilisent conjointement le fourrage et les fèces pour calculer le rapport des concentrations de l'un des constituants chimiques dans les deux types de prélèvements sont appelées "méthodes des rapports", celles qui ne nécessitent que des prélèvements de fèces sont appelées méthodes des "index fécaux".

Le principe de la méthode des rapports repose sur le caractère indigestible du marqueur de digestibilité. En général ces marqueurs sont internes, c'est à dire qu'ils existent naturellement dans les fourrages, les marqueurs externes étant réservés à l'estimation de l'excrétion fécale (chapitre VI). L'indigestibilité du marqueur est vérifiée par des essais *in vivo* : la quantité totale de marqueur ingérée doit être égale à la quantité excrétée, ce qui est exprimé par un taux de récupération (% R) égal à 100. L'application de la méthode consiste à doser le marqueur dans des échantillons représentatifs du fourrage ingéré et des fèces, la digestibilité est alors calculée par l'équation :

$$dMS = 1 - X$$

$$\text{où } X = \frac{\text{concentration du marqueur dans l'aliment}}{\text{concentration du marqueur dans les fèces}}$$

Le plus souvent le taux de récupération du marqueur n'est pas rigoureusement égal à 100 ; il est cependant possible de corriger X en fonction de % R si ce paramètre a été déterminé avec suffisamment de précision (STREETER 1969). Mais la variabilité saisonnière par exemple (WALLACE et VAN DYNE 1970) attachée au taux de récupération augmente l'imprécision de la méthode. Les difficultés de dosage et les différences enregistrées entre les expérimentations au niveau des taux de récupération des marqueurs expliquent leurs abandons successifs. C'est le cas de l'oxyde de fer premier marqueur utilisé (GALLUS et KUHLMAN 1931 d'après STREETER 1969).

La silice d'origine alimentaire, outre les problèmes de dosage qu'elle pose, peut être surestimée au niveau des fèces si l'animal ingère de la terre, ce qui est souvent le cas sur les pâturages pauvres; le taux de récupération est alors supérieur à 100 : 137 p.100 pour MAC MANUS et al. (1967 d'après MEIJS 1981). LE DU et PENNING (1979 d'après MEIJS 1981) proposent de résoudre ce problème en dosant parallèlement le titane, témoin de la contamination par de la terre. Par ailleurs la silice peut être temporairement retenue au niveau du tube digestif (VAN DYNE et LOFGREEN 1964 d'après STREETER 1969), ce qui tend à diminuer le taux de récupération. Malgré ces inconvénients, JONES et HANDRECK (1965), travaillant sur des fourrages dont les teneurs en Silice sont comprises entre 0,1 et 3 p.100 plus faible que celles des fourrages tropicaux (chapitre IV) et considérant la très faible excrétion urinaire de silice, la négligeable teneur corporelle en cet élément et l'excellent taux de récupération de Si qu'ils ont mesurés, recommandent de poursuivre les travaux avec ce marqueur à condition de le doser par une méthode colorimétrique; plus récemment LE DU et PENNING (1979) conseillaient de doser Si par spectrophotométrie atomique (Revue de MEIJS 1981).

Le dosage des pigments *chromogènes* utilisés par REID (1950) n'est guère standardisé, en particulier pour les fourrages (revue de STREETER 1969), et les pigments des fèces ne sont pas stables après l'émission de celle-ci ou même après leur extraction par l'acétone. GREENHALGH et CORBETT (1960) considèrent donc que ce marqueur doit être utilisé avec prudence tant que les méthodes de dosage ne sont pas mieux contrôlées. Pourtant des résultats satisfaisants ont été obtenus avec des graminées jeunes (LINDAHL 1960 d'après HOLECHEK et al. 1982) et d'une manière générale les fourrages naturels, à condition qu'ils ne soient pas riches en matières grasses (certaines plantes désertiques) susceptibles de favoriser l'absorption intestinale des pigments (COOK et HARRIS 1951, CONNOR et al. 1963 d'après STREETER 1969). Il semblerait en définitive que les chromogènes pourraient être utilisés en remplacement de la lignine quand celle-ci ne donne pas de bons résultats (KENNEDY et al. 1959).

Le "*lignin ratio*", malgré des taux de récupération de la lignine très variables (compris entre 51 et 103 p.100; respectivement KANE 1953 et LESPÉRANCE 1963 - revue de STREETER 1969) est le marqueur le plus utilisé (revues de STREETER 1969, MEIJS 1981, HOLECHEK et al. 1982) et sert souvent de référence. Comme nous l'avons souligné à propos des méthodes chimiques la méthode de dosage la plus pratiquée est celle de VAN SOEST à l'acide sulfurique. La variabilité des taux de récupération provient essentiellement d'après STREETER (1969), des températures de séchage des échantillons : en effet, au delà de 50°C la contami-

Tableau 5.2 - Nombre de moutons nécessaires à la mise au point, par des essais de digestibilité in vivo, d'équations de prédiction (à 5 p.100 près) de la digestibilité de différents constituants des fourrages ingérés par les bovins au pâturage en fonction de N fécal à trois périodes

Component digested by sheep	Dates		
	June	July	Sept.
Dry matter	1	1	8
Organic matter	1	3	9
Acid-detergent fiber	1	2	7
Gross energy	1	2	14
Crude protein	1	9	111

(d'après WALLACE et VAN DYNE 1970)

Tableau 5.3 - Nombre d'animaux nécessaires pour estimer à 5 et 10 p.100 près ($\alpha = 0,05$) les teneurs en azote et en lignine des fécès de bovins au pâturage à trois périodes différentes

Component	Percent of mean	Period		
		June	July	Sept.
Nitrogen	5	6	3	11
	10	2	1	3
Lignin	5	11	18	2
	10	3	4	1

(d'après WALLACE et VAN DYNE 1970)

nation de la lignine par des complexes protéinés insolubles augmente rapidement (VAN SOEST 1965). Cependant, outre ce facteur technique très important, FAHEY et JUNG (1983) évoquent d'autres causes de variation du taux de récupération :

- la lignine est l'objet d'une digestion au sens strict. WILSON (1971), par exemple, la considère comme très probable pour les fourrages très grossiers contenant 10 à 16 p.100 de lignine, alors que dans la même expérimentation il a mesuré des taux de récupération très proche de 100 pour des fourrages herbacés.

- la formation de complexes solubles "glucides-lignine" provoque une digestibilité apparente de la lignine.

- la lignine des fèces serait partiellement détruite par les réactifs.

Ce dernier point illustre bien les différences physiques et chimiques entre les constituants des aliments et des fèces empiriquement assimilés à la lignine.

En conclusion, FAHEY et JUNG (1983) recommandent de vérifier pour chaque type de fourrage le niveau du taux de récupération, avant d'appliquer cette méthode. D'ores et déjà, il apparaît qu'elle ne doit pas être utilisée lorsque les échantillons ont été séchés à des températures supérieures à 60°C, pour les fourrages jeunes ayant une teneur en lignine inférieure à 5 p.100 et pour les fourrages très grossiers ou arbustifs dont la teneur en lignine est supérieure à 10 p.100.

V.7 - Méthodes des index fécaux

Comme le souligne MEIJIS (1981), la validité de la méthode des rapports est liée à la représentativité des échantillons de fourrages et de fèces. Au pâturage, cette condition est relativement facile à remplir pour les fèces en pratiquant la collecte totale ou en prenant des précautions pour tenir compte des variations de leur composition au cours du nyctémère ou entre les individus (LANGLANDS et al 1963 et WALLACE et VAN DYNE 1970 : tableaux 5.2 et 5.3) ; par contre il est beaucoup plus délicat de constituer des échantillons de fourrages représentatifs du régime (chapitre III et VI). C'est en constatant ces difficultés que des chercheurs ont mis au point des méthodes reposant uniquement sur le dosage de certains constituants des fèces, appelés index fécaux, dont les teneurs varient avec la digestibilité au même titre que les constituants des fourrages utilisés dans les méthodes chimiques.

A la différence des marqueurs de digestibilité, les index fécaux peuvent être digestibles. Certains marqueurs ont également été testés comme index fécaux : c'est le cas par exemple des *chromogènes*, qui ne doivent plus être alors dosés que dans les fèces, ce qui facilite leur utilisation. L'estimation de la digestibilité à l'aide des pigments est moins précise qu'avec l'azote fécal (ci dessous), mais l'association des deux index permet d'augmenter significativement la précision (KENNEDY et al. 1959). Les *constituants pariétaux* peuvent être également utilisés comme index fécaux mais, parmi eux, la lignine n'est pas un critère satisfaisant en raison des difficultés de caractérisation de ce composant (cf ci dessus) et de sa faible amplitude de variation (JARRIGE 1965). Finalement c'est l'azote fécal, dont l'origine alimentaire, microbienne et métabolique est décrite en détail dans la revue de MASON (1969)

qui est le plus utilisé comme index de digestibilité, quoique l'ensemble des auteurs qui ont mis au point ou étudié cette méthode incitent à la plus grande prudence lors de son application :

- en premier lieu les fourrages dont on mesure la digestibilité *in vivo* pour établir les équations de prévision de la matière organique en fonction de l'azote fécal, doivent être "identiques" à ceux dont on veut estimer la digestibilité au pâturage. Ce terme est précis puisqu'il recouvre la famille ou l'espèce, le numéro du cycle de végétation (CHENOST 1985), le mois de production (MINSON et KEMP 1961), la fertilisation, le rapport feuille/tige (LAMBOURNE et REARDON 1963) et la charge dont dépendent les possibilités de tri des animaux (revue de LANGLANDS 1975). Pour GREENHALGH et al (1960 - d'après LANGLANDS 1975) l'idéal serait d'effectuer des essais de digestibilité *in vivo* en parallèle à chaque utilisation de la méthode au pâturage; il serait ainsi possible d'estimer la digestibilité avec des erreurs standard résiduelles de 1,5 points. En fait il est rare de pouvoir remplir toutes ces conditions ce qui n'empêche pas d'obtenir des résultats satisfaisants : en calculant des équations par espèce et par cycle CHENOST (1985) estime la digestibilité des fourrages verts ingérés au pâturage avec une erreur standard de 2,5 points; MINSON et KEMP (1961) ont obtenu la même précision avec des équations calculées mois par mois sur des cultures pures ou des mélanges de graminées et de légumineuses. En revanche la précision est beaucoup moins bonne lorsqu'on utilise des équations générales : (4 points pour MINSON et KEMP 1961; 5,7 pour RAYMOND et al (1954 (1)); 6 à 7 pour HOLLOWAY et al (1981) ce qui est inévitable lorsqu'il s'agit de pâturages naturels.

- l'animal est également une source d'imprécision lors de l'application de la méthode de l'index fécal : le niveau d'alimentation peut avoir un effet important sur la teneur en azote des fèces (revue de LANGLANDS 1975), mais il est non significatif pour CHENOST (1985). Or, ce paramètre de même que la vitesse de transit, autre facteur de variation de N fécal, sont différents à l'auge et au pâturage. Le parasitisme interne est également mis en cause par MINSON et RAYMOND (1958 in revue de LANGLANDS 1975).

Le plus souvent les équations de prévision de la digestibilité à partir de N fécal sont mises au point avec des moutons. Quelques auteurs, peu nombreux, ont comparé sur les mêmes pâturages les régressions entre DMS et N fécal calculées pour les bovins et les ovins. Leurs résultats ne concordent pas : en général les coefficients de régression sont identiques (LANGLANDS 1975, CHENOST 1985) mais l'ordonnée à l'origine peut différer entre les deux espèces de 0 à 12,5 points de digestibilité (LANGLANDS et al 1963 ; et SAMSON et LANGLANDS d'après LANGLANDS 1975) ce qui fait entrevoir la marge d'erreur possible lorsqu'on applique sans vérification les résultats obtenus sur ovins à une autre espèce.

La précision de l'estimation de DMS à partir de N fécal dépend surtout de la nature du fourrage étudié : la méthode semble bien adaptée aux pâturages de graminées qu'ils soient cultivés ou naturels (SCALES et al. 1974, VAN EYS 1978 d'après revue de HOLECHEK et al. 1982) et plus précise pour ces fourrages que le "lignin ratio", même corrigé en fonction des variations mensuelles du taux de récupération (WALLACE et VAN DYNE 1970). Par contre elle perd de sa précision si le pâturage contient des légumineuses (HOLLOWAY et al 1981), surtout si celles-ci portent des graines totalement ou partiellement indigestibles (WILSON 1971); pour ces fourrages comme pour les parcours arbustifs l'utilisation de N fécal aboutit à une surestimation de la digestibilité. MASON (1969) suggère de corriger N fécal en le diminuant de l'azote d'origine alimentaire, pouvant être assimilé à celui

Tableau 5.4 - Coefficients de corrélation entre Les caractéristiques chimiques de 24 échantillons de feuilles de ligneux récoltées au Sénégal et leur solubilité enzymatique

	g/kg MS						MAT dans ADF en p.100 MAT	Solubilité MAT en p.100 (INRA 1978)	Dig. pepsique de MAT en p.100
	MAT	MAT non contenues dans ADF	CB	NDF	ADF	Li			
Solubilité pepsine cellulase SMS (p.100)	0,03	0,14	-0,35	-0,44	-0,75	-0,78	-0,83	0,71	-0,82
SMO (p.100)									
Digestibilité pepsique de MAT (p.100)									

(d'après KONE 1984)

qui est lié à l'ADF (GOERING et VAN SOEST 1970). Cette méthode permet parfois d'améliorer la précision de dMO (MOIR et SWAIN 1973 d'après MILNE 1977) mais pas systématiquement (MILNE 1977).

Certains auteurs ont parfois augmenté la précision des modèles de prévision de dMS en utilisant, en plus de N fécal, d'autres critères chimiques des fèces ou du fourrage (JARRIGE 1965, HOLLOWAY et al 1981, CHENOST 1986), mais cette amélioration n'est pas systématique (MINSON et KEMP 1961; MAC MANUS et al. 1967). Pour JARRIGE (1965), les critères pariétaux des fèces ne peuvent être associés à l'azote fécal, car ces paramètres sont liés par une relation inverse trop étroite. Des paramètres du comportement alimentaire peuvent également être conjugués à l'azote fécal pour estimer la digestibilité (BIRREL 1980).

Conclusion :

Le principal problème rencontré lors du choix d'une méthode de prévision de la digestibilité des fourrages est que la plupart des méthodes ont été mises au point pour des fourrages tempérés dont la digestibilité varie entre 50 et 80 p.100, alors que celle des fourrages tropicaux est plus faible et que les tests effectués sur les fourrages tropicaux concernent surtout les graminées.

La teneur en azote du fourrage est en général un mauvais critère, tout au moins lorsqu'on considère un ensemble d'espèces et parmi les critères pariétaux la cellulose brute est le moins bon tandis que l'ADF semble le meilleur. La digestibilité *in vitro*, si elle est mesurée en prenant des précautions particulières, donne des résultats assez précis, y compris pour les fourrages ligneux (MAC LEOD 1973), mais il est préférable de mesurer la DIV des parois. Les méthodes enzymatiques ont l'avantage d'être directement transposables aux fourrages tropicaux, à condition toutefois de mettre au point des équations spécifiques reliant la dMO *vivo* et la "d pepsine cellulase". La méthode pepsine cellulase montre des liaisons assez étroites avec les critères pariétaux des ligneux (tableau 5.4), mais il ne semble pas que cette méthode ait été appliquée à l'étude des fourrages naturels tropicaux (JUAREZ 1985) pour lesquels il faudrait disposer d'équations générales reliant la digestibilité "*in vivo*" à la solubilité pepsine cellulase.

Ces quelques remarques rejoignent les recommandations de OSBOURN qui, dès 1978, conseillait la prévision de dMS à partir d'un critère pariétal et de la digestibilité *in vitro* des parois en attendant la standardisation des méthodes enzymatiques.

L'estimation de la digestibilité des fourrages ingérés au pâturage, déjà difficile en zone tempérée, est compliquée sur les pâturages extensifs par la diversité des espèces qui les couvrent et par la variabilité de la productivité et des conditions d'exploitation de ces parcours. Ces difficultés expliquent les conclusions contradictoires des comparaisons entre méthodes : par exemple ARNOLD et DUDZINZKY (1967a) concluent que "N fécal" est plus précis que la digestibilité *in vitro* pour les valeurs extrêmes de digestibilité, alors que LANGLANDS (1969) affirme le contraire pour des pâturages très variés. De même sur des pâturages tropicaux WALLACE et VAN DYNE (1970) trouvent que le "N fécal" est plus précis que le "lignin ratio", alors que WILSON et al. (1971) (tableau 5.5) rejette ces deux méthodes pour des pâturages arbustifs et que BIRREL (1980) obtient

Tableau 5.5 - Estimation par cinq méthodes chimiques ou biologiques de la digestibilité de la matière organique (dMO en p.100) du régime de moutons exploitant quatre types de pâturages très différents (d'après les résultats de WILSON, WEIR et TORELL 1971)

dMO en p.100	Part des ligneux dans le régime en p.100	Lignin ratio (Van Soest 1963)	DIV (Tilley et Terry 1963)	DIV des paires (Van Soest et al 1966)	Equation sommative (Van Soest 1967)	Azote fécal (Lambourne et Reardon 1963)	Ecart maximal
Graminées :							
avril		76	<u>77</u>	<u>77</u>	<u>71</u>	<u>77</u>	6
juin		<u>66</u>	64	65	63	<u>59</u>	7
août		<u>53</u>	62	<u>64</u>	62	58	11
Graminées et trèfle :							
avril		78	78	79	<u>76</u>	<u>80</u>	4
juin		<u>60</u>	61	63	<u>63</u>	<u>64</u>	4
août		<u>59</u>	60	<u>68</u>	62	67	9
Pâturage arbustif à <i>Adenostoma fasciculatum</i>							
juin	41	<u>43</u>	50	53	52	<u>58</u>	15
août	63	<u>20</u>	35	44	44	<u>56</u>	36
Pâturage arbustif à <i>Quercus wislizenii</i>							
juin	31	<u>49</u>	53	59	58	<u>67</u>	18
août	85	<u>35</u>	37	46	49	<u>61</u>	26

— : estimation maximale sur une ligne

--- : estimation minimale sur une ligne

des résultats satisfaisants aussi bien avec N fécal qu'avec la digestibilité *in vitro*.

Il ressort cependant de la bibliographie :

. que, pour des fourrages hétérogènes sur le plan botanique et chimique, la méthode *in vitro* en deux temps de TILLEY et TERRY donne des résultats plus réguliers que l'ensemble des méthodes chimiques, que celles-ci fassent appel aux fourrages ou aux fèces,

. et que les méthodes enzymatiques dont la précision est moins sensible aux caractéristiques des fourrages soient bien adaptées à ce type d'études.

En définitive toutes les méthodes décrites ci-dessus ont des inconvénients plus ou moins prononcés suivant le type de fourrages que l'on a à étudier ; pour les études de pâturages le choix ne peut donc s'effectuer qu'en confrontant les caractéristiques botaniques et chimiques du régime des animaux aux résultats de la bibliographie et après avoir testé les différents critères au cours d'essais de digestibilité *in vivo*.

CHAPITRE VI

ECHANTILLONNAGE DES FOURRAGES INGERES AU PATURAGE ET ESTIMATION INDIRECTE DES QUANTITES INGEREES PAR COLLECTE TOTALE DES FECES

La détermination de la *digestibilité* de fourrages constitués de mélanges floristiques complexes, comme ceux consommés au pâturage, n'est pas aisée et, quelle que soit la méthode retenue (chapitre V), nécessite la collecte d'*échantillons* aussi *représentatifs* que possible du *régime* des animaux. L'obtention de prélèvements remplissant cette condition est également difficile et les différentes méthodes d'échantillonnage sont l'objet d'une abondante bibliographie dont ce chapitre donne quelques aperçus. De plus, les *quantités ingérées* constituent le principal facteur de variation de la valeur alimentaire des pâturages et de la productivité des troupeaux qui les exploitent (CORDOVA et al 1978) ; leur estimation par des méthodes indirectes repose sur celle de la digestibilité et de l'*excrétion fécale* :

$$MSVI = \frac{MSFE}{1 - dMS}$$

où MSVI : matière sèche volontairement ingérée
MSFE : matière sèche fécale excrétée
dMS : digestibilité de la ration

Durant les dernières décennies, l'estimation de l'excrétion fécale à l'aide de marqueurs indigestibles exogènes (oxyde de chrome, polyéthylène glycol...) s'est largement substituée à la collecte totale des fèces, forte consommatrice de main d'oeuvre (CORBETT 1960, KARTCHNER 1975 d'après CORDOVA et al 1978). L'application de ces méthodes exige une grande maîtrise technique du dosage du marqueur (par exemple pour le chrome), la connaissance précise des variations journalières et nycthémérales de sa concentration dans les fèces qui varient avec les types d'animaux et de fourrages étudiés et enfin, la vérification de la récupération totale du marqueur. Nous renvoyons le lecteur aux revues de LANGLANDS (1975), MELJS (1981) sur ce sujet. La collecte totale des fèces à l'aide de sacs était cependant plus adaptée à nos conditions expérimentales et nous l'avons adoptée ; nous en évoquerons les avantages et les inconvénients.

Tableau 6.1 - Quantité de fourrage disponible (*g DM/9,6 square-foot*) et composition chimique avant et après le passage des animaux. Les différences correspondent au fourrage ingéré

AVERAGE PRODUCTION PER 9.6 SQUARE FOOT PLOT AND CHEMICAL CONTENT OF BEFORE- AND AFTER-GRAZING SAMPLES WITH DIFFERENCES REPRESENTING INGESTED MATERIAL															
Collections	Production per plot	Ether extract		Total protein		Ash		Cellulose		Lignin		Other carbohydrates		Phosphorus	
	gm.	%	gm.	%	gm.	%	gm.	%	gm.	%	gm.	%	gm.	%	gm.
Before	120	2.3	2.8	9.8	11.8	11.3	13.6	37.1	44.5	7.1	8.5	32.4	38.9	0.17	0.20
After	60	2.1	1.3	7.3	4.4	12.1	7.3	39.4	23.6	9.2	5.5	29.9	17.9	0.14	0.08
Diff.	60	2.5	1.5	12.3	7.4	10.5	6.3	34.8	20.9	5.0	3.0	35.0	21.0	0.20	0.12

d'après COOK 1964

Tableau 6.2 - Composition chimique d'échantillons obtenus par collecte manuelle imitant les prises alimentaires des animaux et de bols oesophagiens recueillis sur bovins

CHEMICAL COMPOSITION OF SAMPLES OBTAINED BY THE ESOPHAGEAL FISTULA AND HAND-PLUCKING TECHNIQUE WITH CATTLE GRAZING GRASS PASTURES											
Type pasture	Method of sampling	Chemical composition of dry matter									
		Protein		Ether extract		Crude fiber		N.F.E.		Ash	
		%	S.E. ^a	%	S.E. ^a	%	S.E. ^a	%	S.E. ^a	%	S.E. ^a
Bermuda-grass ^b	Fistula ^c	16.0**	1.68	1.8**	0.25	26.8	1.00	39.5**	1.84	15.9**	0.98
	Plucked	13.7	1.19	3.0	0.27	25.7	0.52	47.0	0.89	10.5	0.11
Native grass ^d	Fistula	8.8**	1.93	2.2	0.30	29.5**	1.98	44.7**	1.84	14.8**	1.79
	Plucked	4.9	0.26	2.1	0.14	35.9	0.57	51.4	0.76	5.7	0.30
Bermuda-grass ^e	Fistula	13.2*	0.75	2.8	0.45	29.7	0.60	43.4	1.02	10.9**	0.86
	Plucked	11.1	0.69	2.3	0.18	30.9	0.40	47.4	1.01	8.3	0.60
Bermuda-grass ^f	Fistula	10.6*	0.98	2.7	0.17	28.7	0.38	44.0	0.87	14.0**	0.78
	Plucked	9.0	0.90	1.8	0.16	30.6**	0.38	50.1	0.59	8.5	0.20

^a Standard error.

^b Three steers with 12 collections per animal.

^c Comparisons are between hand-plucked and fistula samples within each pasture trial. Differences between fistula and hand-plucked samples were significantly different only where indicated.

^d Three steers with seven collections per animal.

^e Two steers with six collections per animal.

^f Two steers and two cows with six collections per animal.

* (P<0.05).

** (P<0.01).

d'après CAMPBELL et al 1968

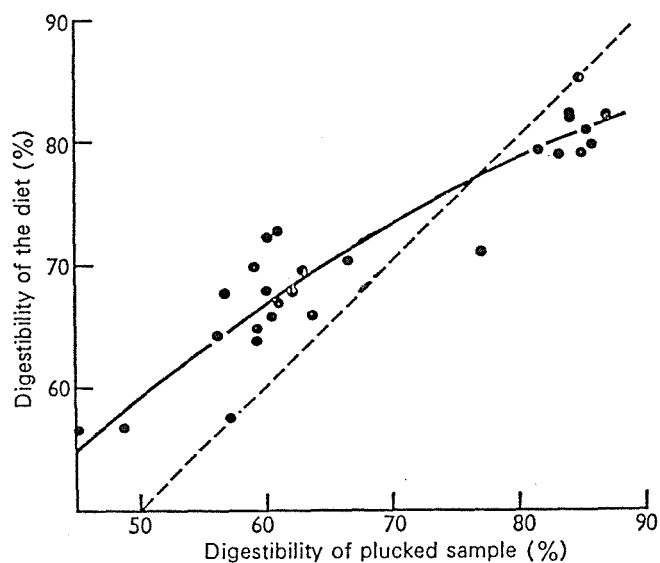
VI.1 - Echantillonnage manuel du fourrage ingéré au pâturage

Avant d'évoquer l'échantillonnage manuel proprement dit, rappelons que les quantités ingérées au pâturage peuvent être estimées directement par fauche de placeaux avant et après le passage des animaux (WADDINGTON et COOKE 1971). Même pour les prairies intensives exploitées avec des taux de chargement élevés, ces méthodes agronomiques sont d'une application délicate en raison, en particulier, du piétinement, de la croissance du fourrage pendant la période de mesures et de l'hétérogénéité des refus plus grande que celle du fourrage disponible en début d'essai (revue de MEIJS 1981). Les méthodes agronomiques ont cependant l'avantage, par rapport aux méthodes faisant appel aux animaux, de fournir des résultats immédiats, manquant certes de précision, mais permettant par exemple d'établir des classements de quantités ingérées en fonction des variétés ou des modes d'exploitation (WALTERS et EVANS 1979).

Pour les pâturages extensifs des zones arides et semi-arides, les taux de chargement sont trop faibles et l'hétérogénéité de la végétation est trop grande pour que l'estimation des quantités ingérées par la fauche de placeaux donne des résultats suffisamment précis. La fauche a cependant été appliquée à ces pâturages non pas pour mesurer l'ingestion mais pour déterminer, par différence, la composition du fourrage ingéré à partir de celles du fourrage disponible et des refus (COOK 1964 - tableau 6.1). De même, en admettant que les moutons effectuent le même tri à l'auge qu'au pâturage, BENJAMIN et al (1977) ont fauché le tapis herbacé de parcours méditerranéens pour en déterminer la digestibilité *in vivo*.

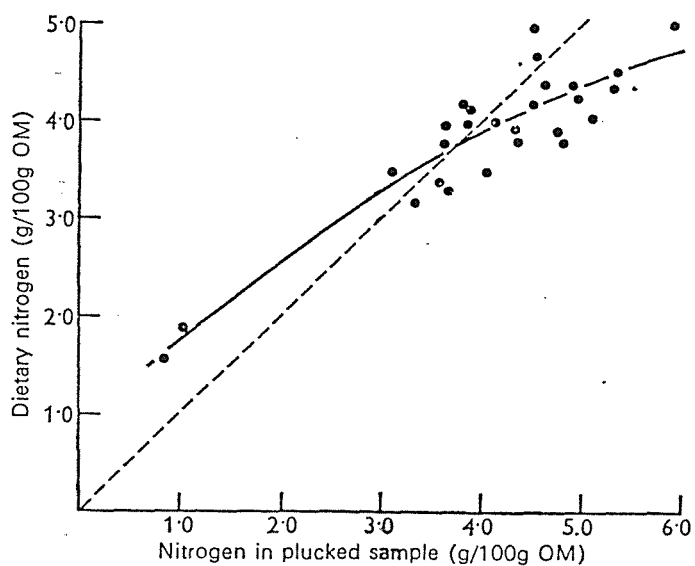
Mis à part les inconvénients méthodologiques posés par la fauche, elle n'est pas toujours possible du fait de la présence de ligneux qui, de plus, participent au disponible fourrager. COOK (1964) propose donc de reconstituer manuellement, à partir de relevés phytosociologiques et de l'état de chaque espèce avant et après le pâturage, des échantillons représentatifs du disponible et des refus. Une variante de cette méthode consiste à disposer des cages de mise en défens et à reconstituer des échantillons représentatifs du consommé en comparant, à l'oeil, la végétation protégée à celle qui ne l'a pas été (revue de COOK 1964). Le caractère subjectif de ce travail a conduit à préférer des observations directes des animaux aux heures des grands repas. EDLEFSEN et al (1960) ont ainsi combiné la description détaillée de la végétation avant et après le passage des animaux par la méthode de COOK (1964) à celle des préférences alimentaires ; ils ont ainsi reconstitué, à partir de prélèvements unitaires de chaque espèce, des échantillons chimiquement très proches de ceux recueillis au-travers de fistules oesophagiennes qui, dans ce cas, servaient de références. La méthode du comptage de bouchées sur caprins (BOURBOUZE 1980 - chapitre III) permettrait probablement de parvenir à la même précision.

WEIR et TORREL (1959), JENSEN et al (1965), CAMPBELL et al (1968) n'ont pas précisé leur technique de collecte manuelle ; LANGLANDS (1974) s'est simplement efforcé d'imiter au mieux le choix des animaux. Ces auteurs ont généralement observé des différences significatives entre les collectes manuelles et les prélèvements, supposés plus représentatifs, recueillis sur des animaux fistulés : les prélèvements manuels ont une teneur en MAT et une digestibilité plus faible, leur teneur en constituants pariétaux est plus élevée.



(d'après LANGLANDS 1974)

Figure 6.1 - Relation entre dMO de bols oesophagiens de moutons et dMO d'échantillons moyens de collecte manuelle pratiquée par 3 observateurs



(d'après LANGLANDS 1974)

Figure 6.2 - Relation entre les teneurs en MAT (p.100 de MO) de bols oesophagiens de moutons et celles d'échantillons moyens de collecte manuelle pratiquée par 3 observateurs

Les différences sont plus importantes avec les ovins (WEIR et TORRELL 1959 : différence de 5 p.100 pour les MAT) qu'avec les bovins (JENSEN et al 1965 ; CAMPBELL et al 1968 : différences de 1,5 p.100 à 4 p.100 pour les MAT - tableau 6.2) et pour les prairies de mélanges que pour les prairies monospécifiques (JENSEN et al 1965). La difficulté pour un observateur de reproduire le choix par l'animal des espèces et des organes consommés (SCHNEIDER et FLATT 1975) explique que les différences sont d'autant plus grandes que le pâturage a une flore variée et que l'espèce animale est plus sélective. Pour LANGLANDS (1974) l'observateur est plus sélectif que l'animal pour les fourrages riches et moins sélectif quand il s'agit de fourrages pauvres (figures 6.1 et 6.2).

WEIR et TORELL (1959) considèrent finalement que la collecte manuelle ne peut être utilisée valablement pour l'estimation de la valeur nutritive des fourrages ingérés au pâturage, tandis que LANGLANDS (1974) admet que, malgré ses imperfections, cette technique peut avoir un intérêt dans de nombreuses situations où l'entretien d'animaux fistulés est délicat. Il faut aussi rappeler que la précision de la collecte manuelle varie probablement beaucoup en fonction de la méthode utilisée qui est soit très minutieuse (EDLEFSEN et al 1960, BOURBOUZE 1980) soit assez subjective (LANGLANDS 1974).

VI.2 - Utilisation d'animaux fistulés

VI.2.1. Bovins fistulés du rumen

L'entretien d'animaux fistulés de l'oesophage (cf. ci-dessous VI.2.2.) est difficile, en particulier sur pâturages extensifs ; certaines équipes ont donc préféré utiliser des animaux fistulés du rumen (BLANCOU et al 1977) qui permettent, en outre, d'effectuer sur les mêmes animaux des investigations au niveau du jus de rumen (TAYLER et DERIAZ 1963) ou des prélèvements de jus nécessaires à la mesure de la digestibilité in vitro en deux temps de TILLEY et TERRY (SCALES et al 1974) (cf chapitre V). De plus, la pose et l'entretien des fistules du rumen étant relativement aisés, il est possible de les pratiquer sur la faune sauvage (élan : SHORT 1962 et 1970 d'après HOLECHEK et al 1982).

Les fistules du rumen doivent avoir une taille assez grande (diamètre intérieur de 10 cm - BLANCOU et al 1977) pour permettre le passage de la main d'un opérateur. Avant chaque prélèvement, la panse de l'animal est complètement vidée et lavée. Le contenu du rumen est conservé dans un récipient en vue de sa réintroduction à la fin de la manipulation. L'animal est libéré sur le pâturage pendant un laps de temps (de 30 minutes à 2 heures - COOK 1964) au bout duquel on prélève le fourrage ingéré (LESPERANCE 1960 ; RICE 1970 d'après THEURER et al 1976).

En fait, les prélèvements au niveau du rumen par cette technique sont assez peu pratiqués car ils présentent certains inconvénients :

- la contention des animaux et la manipulation des contenus de rumen sont longues et pénibles (COOK 1964).

- seuls les grands ruminants peuvent supporter des fistules de taille suffisante ; les comparaisons entre espèces (bovins - ovins - caprins en particulier) ne sont donc pas possibles (VAN DYNE et TORELL 1964). Signalons cependant que SCHWARTZ et al (1985) ont prélevé des contenus de rumen de moutons après vidange de celui-ci par lavage au travers d'une petite fistule et injection d'un litre de jus de rumen artificiel (pH = 6,5)

- la vidange initiale du rumen provoquerait une sensation de faim qui diminuerait le comportement sélectif des animaux vis-à-vis des fourrages disponibles (VAN DYNE et TORELL 1964 - HOLECHEK et al 1982).

- le passage de liquides à travers la paroi du rumen accentue les effets de la contamination salivaire (cf ci-dessous VI.2.2.). TAYLER et DERIAZ (1963) ont contourné cet inconvénient en prélevant les bols au fur et à mesure de leur arrivée dans le rumen ; cette technique exige que l'opérateur ait le bras plongé au-travers de la fistule pendant toute la durée du prélèvement ...!

- les vidanges répétées du rumen affecteraient l'activité de la flore microbienne (revue de HOLECHEK et al 1982) et entraîneraient une diminution de la digestibilité des fourrages ingérés (VAN DYNE et TORELL 1964). JENSEN et al (1965) ont observé cette modification sur pâturage naturel extensif mais non sur prairie irriguée. La diminution de la digestibilité n'est d'ailleurs un inconvénient que si on collecte également les fécès ou par son effet sur le niveau d'alimentation et l'état des animaux.

Enfin, l'ensemble de ces inconvénients ajouté à la moins bonne représentativité des contenus de rumen comparée à celle de bols oesophagiens (LESPERANCE 1974 ; MAC INNIS 1977, d'après HOLECHEK et al 1982) fait préférer ce dernier type de prélèvements chaque fois que leur obtention est possible.

VI.2.2. Animaux fistulés de l'oesophage

La maîtrise des aspects chirurgicaux et sanitaires (MAC MANUS et al 1962 ; revue de VAN DYNE et TORELL 1964) ne suffit pas à l'obtention de bols oesophagiens représentatifs du régime : VAN DYNE et TORELL 1964, LANGLANDS 1975, THEURER et al 1976, MEIJS 1981, HOLECHEK et al 1982 ont fait la revue des précautions à prendre. Certaines concernent la technique de prélèvement elle-même, les autres le conditionnement, en particulier le séchage des échantillons.

a) Effet de l'animal et de la technique de prélèvement sur la représentativité des bols oesophagiens

On peut s'interroger sur le comportement particulier des animaux fistulés. Pour ARNOLD et al (1964 in MEIJS 1981), les particularités du comportement des animaux fistulés, si elles existent, ne peuvent facilement être mises en évidence ; elles se limiteraient, d'après LAMBOURNE (1965 in MEIJS 1981), à la recherche plus intense de sel ou d'aliments salés au pâturage, causée par l'écoulement permanent de salive et donc la perte de minéraux au niveau de la fistule ; une simple complémentation suffit à corriger cette modification du comportement. Il est préférable d'utiliser des animaux fistulés du même type (race, âge, sexe) que ceux dont on veut caractériser le régime (LANGLANDS 1975) mais il est surtout indispensable que les animaux soient bien adaptés au pâturage (ARNOLD 1964, LANGLANDS 1967, HODGSON 1969 d'après MEIJS 1981). La durée d'adaptation doit être plus longue pour les petits ruminants que pour les bovins (HODGSON et RODRIGUEZ 1970, RODRIGUEZ 1973 - d'après MEIJS 1981) en raison, très probablement, du comportement plus sélectif des premiers.

Pour éviter le risque de rumination en cours de prélèvements, il est parfois recommandé d'éviter les heures chaudes (ARNOLD et DUDZINSKY 1978 d'après HOLECHEK et al 1982) et les prélèvements trop longs (dépassant 30 minutes pour BARTH 1978 d'après HOLECHECK et al 1982), ou encore de faire subir aux animaux un jeûne nocturne préalable. Le jeûne risque cependant de modifier le comportement des animaux et cela d'autant plus qu'il aura été sévère (SIDAHMED et al 1977). En fait, une connaissance minimale des activités des animaux suffit pour faire coïncider les horaires des prélèvements avec ceux des grands repas et éliminer ainsi les risques de rumination (HODGSON 1969 d'après MEIJS 1981).

La variabilité de la composition des bols oesophagiens a été étudiée par de nombreux auteurs (revue de HOLECHEK et al 1982). Une partie des variations de la teneur en MAT des bols serait liée à des modifications nycthémerales de la composition de la salive (HODGSON et RODRIGUEZ 1970 d'après MEIJS 1981), mais l'essentiel des variations provient des différences entre individus et de l'évolution au cours de la journée des préférences alimentaires : les effectifs d'animaux fistulés recommandés pour une précision donnée (en général détermination de la teneur en un constituant à 10 p.100 près au risque $\alpha = 0,05$) varient en fonction du constituant étudié : 6 à 8 individus pour déterminer la teneur en MAT du régime de bovins, 11 pour les teneurs en MAT, NDF et ADF du régime de moutons, mais 30 pour la lignine si le pâturage est floristiquement varié et comporte des ligneux ; un protocole prévoyant des prélèvements sur 4 animaux matin et soir pendant 4 jours constitue un compromis entre un niveau de précision et une facilité d'exécution acceptables (revue de HOLECHEK 1982).

Indépendamment des facteurs comportementaux, le passage du fourrage par la bouche et l'oesophage de l'animal entraîne des modifications que l'on peut étudier sur des animaux en cages. Il leur est distribué un aliment qu'ils ne peuvent trier ou bien il est tenu compte des refus pour déterminer avec précision la composition de l'ingéré et la comparer à celle des bols oesophagiens.

Le premier facteur de variation de la composition des bols est le tri qui s'opère au niveau de la fistule : le taux de récupération, compris entre 30 et 90 p.100, dépend de la taille de la fistule, variable au cours du temps (VAN DYNE et TORELL 1964), du type de fourrage (CAMPBELL et al 1968) et est plus élevé avec les cannules amovibles qu'avec les cannules fixes (revue de THEURER et al 1976).

Les autres facteurs sont la mastication et la salivation dont il n'est pas possible de scinder les effets. La salive (5 g environ par g de matière sèche de fourrage : ACOSTA et KOTHMANN 1978 ; jusqu'à 8,8 g par g de MS de fourrage : CAMPBELL et al 1968) a un effet contaminant par ses apports de matières minérales et d'azote ; l'augmentation de la teneur en azote du prélèvement est d'autant plus marquée que le fourrage est pauvre en cet élément et riche en matière sèche (SCALES et al 1974). On a envisagé de diminuer les effets de la contamination en débarrassant les prélèvements d'une partie de la salive par drainage à travers des sacs perforés (VAN DYNE et TORELL 1964 - ACOSTA et KOTHMANN 1978), égouttage au sol (ALDER 1969 d'après MEIJIS 1981) ou essorage manuel (HOEHNE et al 1967). Mais la salive dissolvant une partie des constituants cytoplasmiques, ces pratiques entraînent une perte de matière organique (la fraction liquide des bols contient 16 p.100 de la matière organique totale des prélèvements effectués par GRIMS et al 1965 d'après MEIJIS 1981), une augmentation passive des teneurs en constituants pariétaux et une diminution de la digestibilité *in vitro* des échantillons (BARTH et al 1970 ; SCALES 1974 d'après MEIJIS 1981). Face à ces difficultés, LANGLANDS (1966 d'après MEIJIS 1981) a tenté d'analyser séparément la salive, la fraction liquide et la fraction solide des prélèvements ; le faible gain de précision, non significatif, obtenu par cette méthode ne justifie pas l'important surcroît de travail qu'elle entraîne. Finalement, il est recommandé de recueillir des bols complets (fraction solide plus fraction liquide), d'exprimer les résultats d'analyse ou de digestibilité *in vitro* par rapport à la teneur en matière organique, ce qui permet d'abaisser les écarts entre les caractéristiques du fourrage et des prélèvements oesophagiens (GRIMES et al 1966 ; HODGSON 1969 d'après MEIJIS 1981 ; ACOSTA et KOTHMANN 1978 ; CUNDY et RICE 1968 d'après HOLECHEK et al 1982) et d'utiliser des bols oesophagiens comme échantillons de référence lors de la détermination de la digestibilité *in vitro* (CORBETT 1979 d'après MEIJIS 1981).

b) Effet de la technique de séchage sur la composition des bols oesophagiens

WALLACE et DENHAM (1970) ont distribué des bols oesophagiens frais de bovins à des moutons pour en mesurer la digestibilité *in vivo*, mais le plus souvent les prélèvements sont séchés pour être analysés au laboratoire.

Une heure (SCALES et al 1974) à quatre heures (ACOSTA et KOTHMANN 1978) peuvent s'écouler entre le prélèvement et le séchage sans que la composition des bols soit modifiée significativement par rapport à ceux qui sont séchés immédiatement. Par contre, le séchage lui-même a des effets plus importants sur les bols oesophagiens que sur le fourrage correspondant (BARTH et KAZZAL 1972) : la mastication et l'imprégnation salivaire, d'autant plus intenses

que le fourrage est grossier (SCALES et al 1974), accentuent la perte de matière organique par respiration enzymatique, essentiellement des constituants cytoplasmiques, les réactions de MAILLARD qui provoquent un accroissement des teneurs en MAT insolubles, l'augmentation passive des teneurs en ADF et en lignine et la diminution de la digestibilité in vitro (BARTH et al 1970, BARTH et KAZZAL 1972, SCALES et al 1974). Ces effets augmentent lorsque la température de séchage passe de 45 à 65° C (BARTH et al 1970) conformément aux observations de VAN SOEST (1965) (d'après BARTH et al 1970) sur les fourrages et lorsque la durée de séchage s'allonge (ACOSTA et KOTHMANN 1978). En particulier le séchage par simple ventilation, forcément plus long, accentue les pertes de matière organique (ACOSTA et KOTHMANN 1978). La lyophilisation de bols oesophagiens préalablement congelés permet, par rapport au séchage à l'étuve ou à l'air de limiter les modifications chimiques des prélèvements (RODRIGUEZ 1970 d'après MEIJS 1981 ; SCALES ET AL 1974, ACOSTA et KOTHMANN 1978) cependant les différences entre échantillons lyophilisés et échantillons séchés à l'étuve sont peu importantes et souvent non significatives si ces derniers sont soumis à des températures inférieures à 55°C (SCALES et al 1974).

En conclusion, nous retiendrons que :

- les modifications entraînées par le chauffage à des températures supérieures à 50°C sont plus importantes pour les bols oesophagiens que pour les fourrages correspondants, ceux des collectes manuelles par exemple (cf VI.1.)
- en conséquence, la lyophilisation, si elle est possible, a un intérêt pour les prélèvements oesophagiens.

VI.3 - Collecte totale de fèces

La bibliographie relative à la collecte totale des fèces, qualifiée de méthode "conventionnelle" ou "standard" (SCHNEIDER et FLATT 1975) et utilisée par 21 équipes citées par CORDOVA (1978) de 1954 à 1977, évoque surtout les inconvénients de cette méthode. CORDOVA et al (1978) et MEIJS (1981) rapportent certains d'entre eux :

- BAKER (1974) (2) a observé une déformation des membres postérieurs des animaux et REID (1962) (1) une modification de leur comportement.

- le port des harnais et des sacs provoquerait une diminution significative des performances (CORBETT et al 1960 (2), MILNE 1974 (2), MEYER et al 1956 (2)) expliquée par la diminution des quantités ingérées (MILNE 1974 (2)) et l'accroissement probable des besoins des animaux (HUTCHINSON 1956 (1), REID 1962 (2)).

- les pertes de matières fécales par débordement des sacs, notamment en position couchée, sont difficiles à éviter (HODGSON 1974 (2)).

(1) Revue de CORDOVA et al (1978)

(2) Revue de MEIJS (1981)

- la collecte totale des fécès sur les femelles (revue des équipements par SCHNEIDER et FLATT 1975) est difficile (RAYMOND et MINSON 1955 (2)) et demande encore plus de travail que pour les mâles (4 changements de sacs par jour au lieu de 2 : GREENHALGH 1974 (2)).

- etc...

Cependant, ces diverses objections sont partiellement contredites par des travaux visant, pour certains, à améliorer la technique : PRICE et al (1964) (1), PHAR (1971) (1) ont effectué la collecte totale sans enregistrer de modifications de la digestibilité ou des quantités ingérées ; MARCHI et al (1973) (2) ont montré qu'en vidant les sacs toutes les 8 heures, le comportement n'était pas modifié et MORGAN et al (1973) (2) ont mis au point des sacs bien supportés par les femelles ainsi que d'autres limitant les pertes dues au couchage des animaux. Alors que BRISSON (1960) (1) pense qu'il n'est pas possible d'étudier les variations à long terme de l'excrétion fécale à l'aide de harnais, GREENHALGH et al (1960) (1) ont fait porter des sacs à des bovins pendant 50 jours consécutifs, RAYMOND et al (1954) (1) ont fait de même avec des moutons pendant 150 jours et INGLETON (1971) a effectué des mesures ininterrompues sur des agneaux depuis l'âge de 2 jours jusqu'à 6 mois.

Les opinions divergentes sur l'utilisation de ces matériels doivent, en fait, être en grande partie liées à la qualité des équipements plus ou moins bien supportés par les animaux (INGLETON 1971, TISSIER et al 1975).

Les recommandations concernant les effectifs d'animaux expérimentaux, le déroulement et la durée des mesures sont identiques à celles relatives à la mesure des quantités ingérées et de la digestibilité en cages (SCHNEIDER ET FLATT 1975, DEMARQUILLY ET BOISSEAU 1978) : les mesures doivent porter sur 5 à 7 animaux, préalablement habitués au port des équipements et durer 5 à 7 jours (CLANTON 1961 (1), VAN DYNE 1969 (1), SCALES 1972 (1)). Les sacs, remplacés au minimum deux fois par jour (LANGLANDS 1975) doivent être lavés, séchés et tarés (SCHNEIDER et FLATT 1975) ; leur état doit être attentivement surveillé (VAN DYNE 1969 (1)). Avec de tels dispositifs la précision de l'estimation de l'excrétion fécale est de l'ordre de 10 à 15 p.100.

Conclusion :

L'estimation des quantités ingérées par les ruminants au pâturage est caractérisée par une grande imprécision due essentiellement à la difficulté de mesurer la digestibilité des fourrages effectivement ingérés (chapitre V et paragraphe VI.1 et VI.2 de ce chapitre) cumulée avec la variabilité individuelle de l'excrétion fécale. En effet, alors qu'il suffit de faire des prélèvements sur 3 animaux pendant 3 à 5 jours pour déterminer à 5 p.100 près la teneur en azote et la digestibilité du régime (revue de CORDOVA 1978), il faut réunir des effectifs de 7,15,51 animaux pour estimer

(1) Revue de CORDOVA et al (1978)

(2) Revue de MEIJS (1981)

Tableau 6.3 - Quantités de fourrages ingérées au pâturage par les ruminants domestiques (revue de CORDOVA et al 1978)

Reference	Location	Type of animal	Type of pasture	Intake (animal/day) originally expressed	grams/MBW	Basis of measure ^a
Dry matter intake						
Cook & Harris, 1951	Utah	Sheep	Winter desert range	2.2 - 3.4 lb/100 lb	57.1- 88.2	LR/TC
Fels et al., 1959	Australia	Sheep		1.4 lb/100 lb	36.3	
Elliott & Fokkema, 1961	Rhodesia	Africander cows	Summer veld grassland	1.5 - 1.9 lb/100 lb	38.9- 49.3	LR/TC
Holmes et al., 1961	England	Cattle	Ryegrass-clover pastures	1.8 lb/100 lb	46.7	FN
Pearce & Vercoe, 1961	Australia	Sheep	Mature <i>Lolium rigidum</i>	1.7 lb/100 lb	44.1	FN
Cook et al., 1962	Utah	Sheep	Poor and good desert ranges	2.53-3.21 lb	65.7- 83.3	LR
Connor et al., 1963	N. Nevada	Hereford steers	Sagebrush-grass range	8.4-10.4 lb	69.4-85.9	CR/TC
Connor et al., 1963	S. Nevada	Hereford steers	Desert shrub range	5.1 - 9.0 lb	42.1- 74.4	CR/TC
Van Dyne & Meyer, 1964 ^b	California	Sheep	Dry annual summer range	1.7 - 2.2 lb	43.5-58.0	LR/TC
Van Dyne & Meyer, 1964	California	2-yr steers	Dry annual summer range	10.6-13.1 lb	64.0-78.2	LR/TC
Streeter et al., 1968	Nebraska	Hereford steers	Sandhill range (1964)	1.8 - 2.5 lb/100 lb	48.0-64.9	LR/CrO
Streeter et al., 1968	Nebraska	Hereford steers	Sandhill range (1965)	1.4-1.7 lb/100 lb	37.6-44.1	LR/CrO
Smith et al., 1968	S. Nevada	Mature steers	Desert shrub range	5.3-10.2 kg	46.7- 89.8	LR/CrO
Hyder et al., 1968	Colorado	Hereford steers	Summer blue grama range	16.5-33.5 lb	135.6-204.2	Water/int.
Jefferies & Rice, 1969	Wyoming	Hereford steers	Shortgrass range (1966)	1.7-2.8 kg/100 kg	53.8-88.5	IVDMD/TC
Jefferies & Rice, 1969	Wyoming	Hereford steers	Shortgrass range (1967)	1.9 - 2.4 kg/100 kg	60.1- 75.9	IVDMD/TC
Rittenhouse et al., 1970	Nebraska	330-kg heifers	Winter sandhill range	50.0-58.0 g/MBW	50.0-58.0	LR/TC
Handl & Rittenhouse, 1972	Oregon	275-kg steers	Crested wheatgrass pasture	5.4-7.2 kg	80.0-108.1	IVDMD/TC
Scales, 1972	Colorado	Hereford steers	Sandhill range (May to Nov)	2.9-6.1 kg	41.3-86.6	IVDMD/TC
Streeter et al., 1974	Colorado	Mature Hereford cows	Native meadow forage	9.5-11.8 kg	97 -121 ^c	IVCWC/CrO
Lake et al., 1974	Nebraska	Yearling steers	Irrigated pastures	7.97 kg	116.1	IVDMD/TC
Orcasberro, 1974	New Mexico	Sheep	Irrigated alfalfa	1.0 lb/100 lb	26.0	LR/TC
Karchner, 1975	Oregon	Lactating cows	Crested wheatgrass pasture	8.2-17.9 kg	75 -145 ^c	IVDMD/TC
Organic matter intake						
Arnold et al., 1964	Australia	Sheep	Perennial and annual pastures (diff. stocking rates)	0.62-1.42 kg	39.7-78.3	FN/TC
Arnold & Dudzinski, 1967	Australia	Ewes (diff. physiol. status)	<i>Phalaris</i> and <i>Trifolium</i> pastures	0.87-1.96 kg	48.5-109.2	VN/CrO
Hills, 1968	New Mexico	Hereford and Sta. Gertrudis cows	Semidesert grassland	7.2-14.5 kg	75.4-151.1	LR/CrO
Scales, 1972	Colorado	Hereford steers	Sandhill range	36.7-75.7 g/MBW	36.7-75.7	IVOMD/TC
Langlands & Bowles, 1974	Australia	Sheep	Native pastures	0.95-1.25 kg	63.3- 78.6	IVOMD/CrO
Donnelly et al., 1974	Australia	3-yr sheep (33 kg)	<i>Trifolium</i> pastures	0.65-0.92 kg	49.8- 70.5	IVOMD/TC
Oyenuga & Olubajo, 1975	Nigeria	260-kg steers	Tropical-pasture mixtures	4.44-8.18 kg	82.3-95.2	FN/CrO
Digestible organic matter intake						
Langlands, 1968	Australia	Sheep (different ages and breeds)	Improved pastures	0.62-1.11 kg	39.3- 52.4	FN/CrO
Wilson et al., 1971	California	Sheep	Native annual grassland	0.93-1.10 kg	53.2- 62.9 ^c	IVCWC/TC
Wilson et al., 1971	California	Sheep	Improved annual and native grasses	0.74-1.04 kg	42.3-59.5 ^c	IVCWC/TC
Scales, 1972	Colorado	Hereford steers	Sandhill blue grama range	23.1-46.2 g/MBW	23.1-46.2	IVOMD/TC
Langlands & Bowles, 1974	Australia	Sheep	Native pastures	0.50-0.70 kg	31.4-46.7	IVOMD/CrO
Young & Newton, 1974	England	Lactating sheep (diff. breeds)	Perennial ryegrass	0.50-2.12 kg	24.3- 94.5	IVOMD/CrO
Oyenuga & Olubajo, 1975	Nigeria	260-kg steers	Tropical-pasture mixtures	2.85-5.54 kg	52.3-64.5	FN/CrO
Arnold, 1975	Australia	Sheep (diff. breeds)	<i>Phalaris</i> and <i>Trifolium</i> pastures	0.60-0.98 kg	34.3-56.1	FN/TC
Bishop et al., 1975	Argentina	2-yr-old wethers	Semiarid sandhill grassland	6.7-13.2 g/kg W	17.5- 34.7	IVOMD/TC
Moran, 1976	Australia	Brahman cattle	Improved pastures	1.95-5.80 kg	31.2-83.2	FN/CrO
Moran, 1976	Australia	Hereford cattle	Improved pastures	2.40-6.80 kg	42.7-101.7	FN/CrO

^a LR = lignin ratio; TC = total collection; FN = fecal nitrogen; Cr = chromogen ratio; CrO = chromic oxide ratio; IVDMD or IVOMD = in vitro digestibility; CWC = cell wall constituents.

^b Van Dyne and Meyer (1964) also used silica and cellulose microdigestion for estimating intake.

^c Approximated values because no body weights are given.

les quantités ingérées à 15, 10 ou 5 p.100 près respectivement (revue de CORDORA et al 1978). La mesure de l'ingestibilité d'un fourrage en cage ou en stabulation est d'ailleurs également peu précise (coefficient de variation de 10 à 15 p.100 : HEANEY et al 1968 ; CHENOST et DEMARQUILLY 1982).

Les méthodes indirectes faisant appel aux animaux (ci-dessus) sont plus appropriées que les méthodes agronomiques (VI.1.1.) ou celles basées sur l'étude du comportement alimentaire (chapitre III), qui sont d'une précision équivalente entre elles (CHACON et al 1978). Les variations de poids des animaux à court terme (ALLDEN 1969 (2)) ou à long terme (THERIEZ et al 1981), les quantités d'eau bue (HYDER et al 1966 (2), BENJAMIN et al 1977) ou le "turnover" de l'eau (BENJAMIN et al 1977) ont également servi à faire des estimations de l'ingestion. Ces méthodes en sont encore souvent à une phase de mise au point et ne sont pas adaptées aux parcours naturels extensifs où les variations de poids des animaux, en général de faible amplitude, correspondent à la fois à un gain ou une perte de muscle et de graisse, mais aussi à d'importantes variations de poids des contenus digestifs et de composition corporelle.

Malgré toutes les difficultés et l'imprécision qui caractérisent l'estimation des quantités ingérées, l'étude de ce paramètre important de l'alimentation sur les parcours extensifs mérite d'être conduite. En effet, même si on doit considérer avec beaucoup de réserve les valeurs estimées, leurs variations (MOORE et MOTT 1973 (1)) en fonction de la saison, des caractéristiques du pâturage, du mode de conduite des animaux, de la complémentation éventuelle, peuvent permettre d'identifier les contraintes alimentaires limitant les productions zootechniques.

(1) Revue de CORDOVA et al (1978)

DEUXIEME PARTIE

ETUDE EXPERIMENTALE

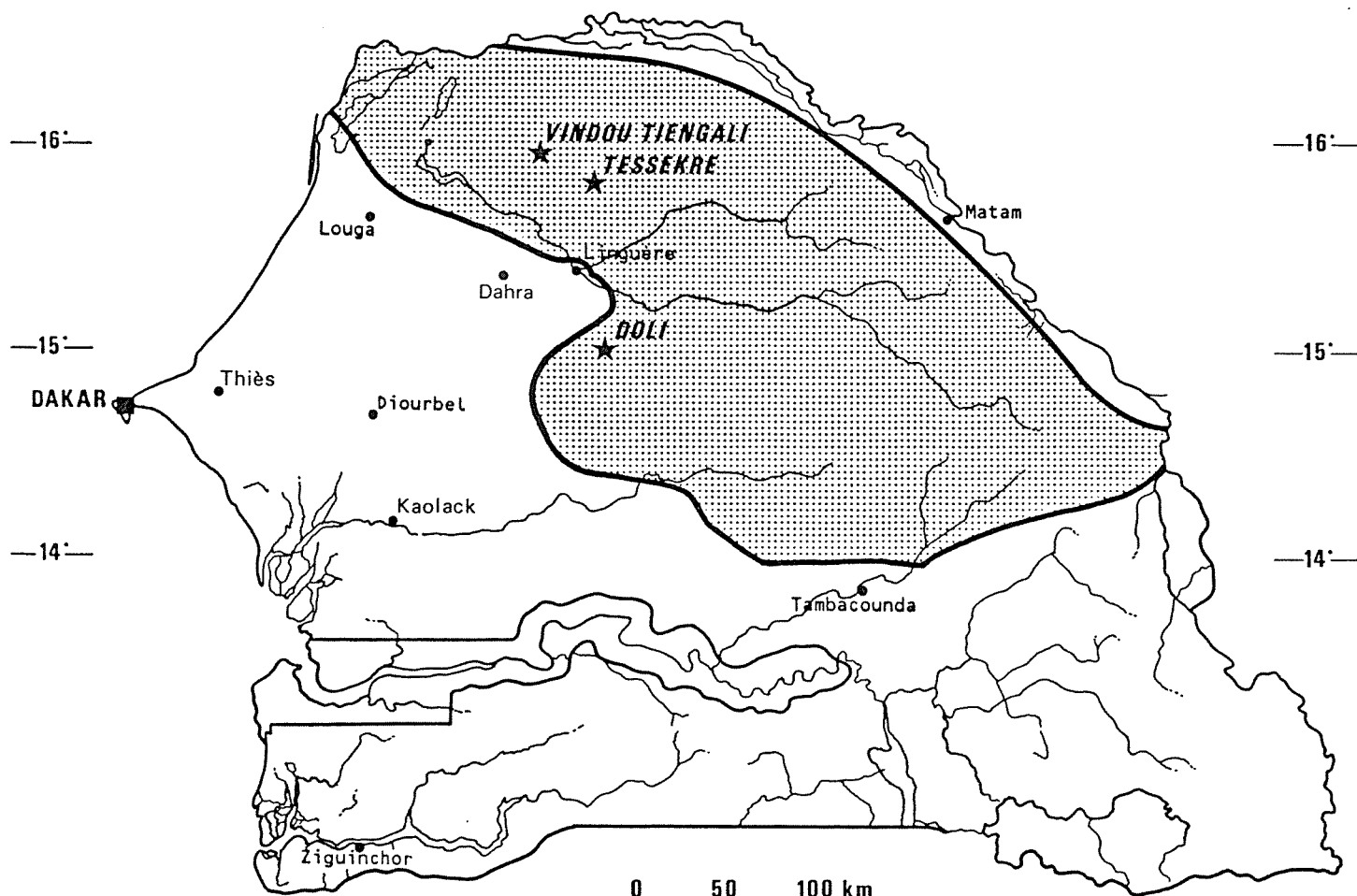
PRODUCTION, COMPOSITION ET VALEUR ALIMENTAIRE

DE PATURAGES NATURELS SAHELIENS AU SENEGAL

COMPORTEMENT ALIMENTAIRE ET PONDERAL DES RUMINANTS QUI

LES EXPLOITENT.

Carte I : LOCALISATION DES STATIONS D'ETUDES
SENEGAL



0 50 100 km

Echelle 1:4 000 000



Pastoralisme dominant



Station d'étude

INTRODUCTION :

JUSTIFICATION ET LOCALISATION DES ETUDES - GENERALITES SUR LE DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Comme nous l'avons vu tout au long de la revue bibliographique, il existe un grand nombre d'études et de résultats sur les pâturages naturels mais peu de travaux de recherche intégrée visant à caractériser le comportement animal, la valeur alimentaire des rations ingérées et les performances zootechniques de troupeaux exploitant tel ou tel type de pâturage. C'est ce que nous avons tenté.

Très rapidement, nous nous sommes rendu compte des difficultés de réalisation d'une telle étude en milieu traditionnel, tout au moins dans un premier temps : en effet, les pâturages couvrant l'aire de desserte d'un forage sont hétérogènes et cette hétérogénéité augmente au cours de la saison sèche, du fait du gradient de pression de pâturage, décroissant lorsqu'on s'éloigne du point d'eau et difficile à mesurer.

Dès la deuxième année d'étude, nous avons donc choisi de travailler dans des conditions où le maximum de paramètres végétaux et animaux étaient mesurables, si ce n'est contrôlables : des observations en parcelles clôturées s'imposaient donc.

Les mesures et observations ont eu lieu :

- de septembre 1980 à juin 1981, sur les pâturages situés entre 2 et 7 km au Nord du forage de Tessékéré (15°53' de latitude Nord; 15°5' de longitude Ouest),
- de juillet 1981 à octobre 1983, dans un parc de 750 hectares au centre du Ranch de Doli (14°45' de latitude Nord; 15°09' de longitude Ouest),
- et d'octobre 1982 à août 1983, dans une parcelle de 200 hectares de la station d'élevage du projet forestier sénégallo-allemand située à 5 km au Sud du forage de Vindou Tiengoli (16° de latitude Nord; 15°20' de longitude Ouest).

TESSEKRE :

Le forage de Tessekéré est situé dans la partie centrale du Ferlo. Il est distant de 30 km du forage de Lagbar à l'Est, de 28 km de celui d'Amali à l'Ouest, de 30 km de Vindou Tiengoli au Nord-Ouest. En supposant que les forages environnants sont en mesure d'abreuver les animaux, ce qui n'est pas toujours le cas, il dessert donc des pâturages sur un rayon de 15 à 20 km, soit sur une

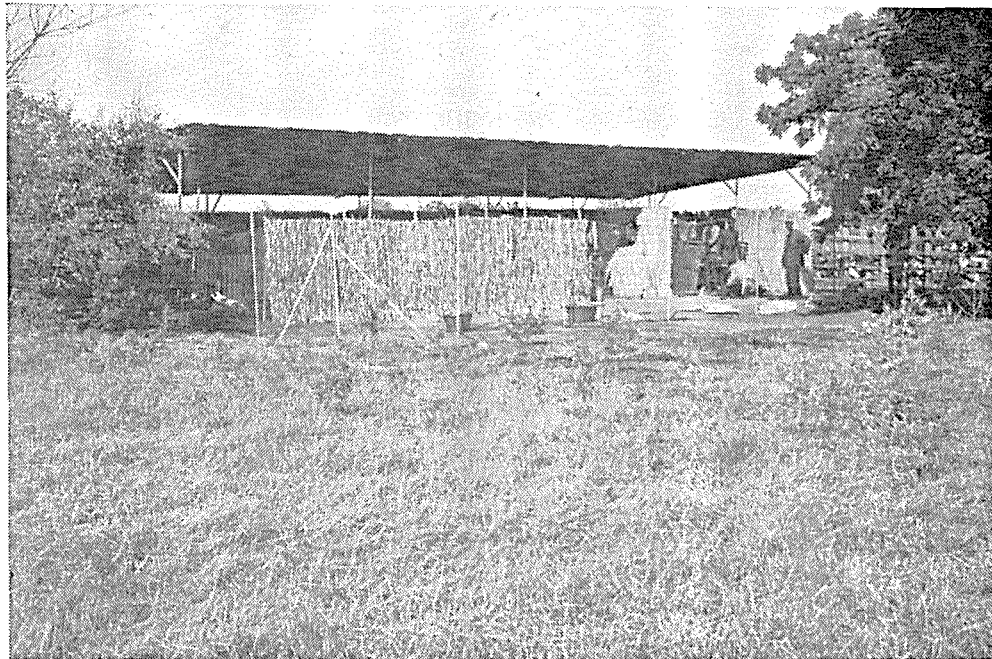


Photo I.1 - Hangar démontable abritant les cages de digestibilité et les balances
(Cliché FRIOT 1982)

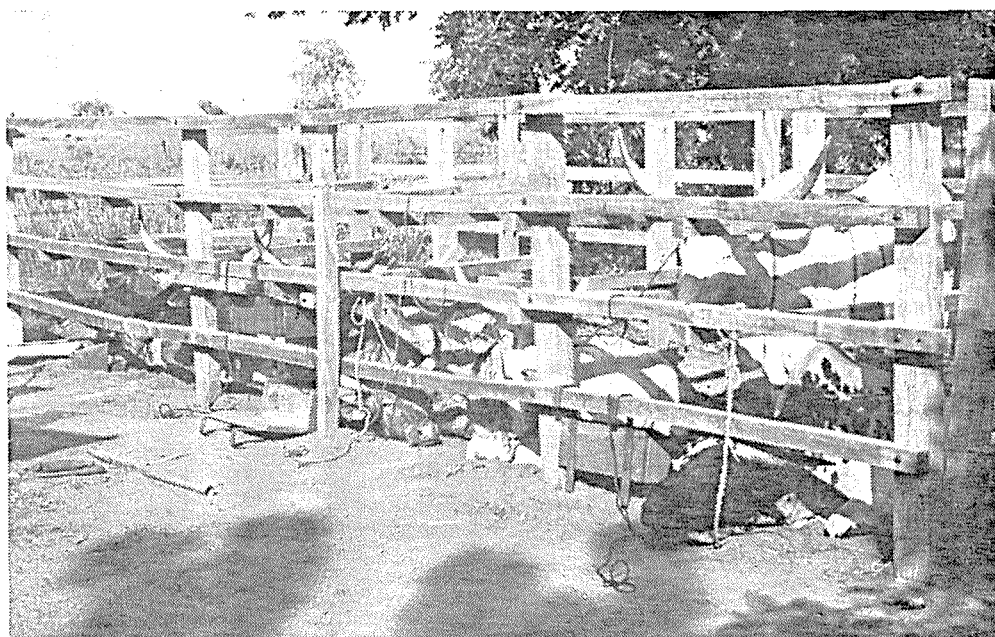


Photo I.2 - Stalles de contention démontables pour bovins
(Cliché FRIOT 1982)

superficie de 700 à 1 200 km².

Tessekré se trouve dans le "Ferlo sableux", le relief a un aspect du-naire fortement aplani, les sols y sont sableux faiblement argileux peu ou pas lessivés, d'origine éolienne. Les pâturages qui ont l'aspect d'une steppe arbus-tive lâche ont été classés par VALENZA et DIALLO (1972) dans les types à *Sclerocarya birrea* (arbre de 3 à 6 m), *Balanites aegyptiaca* (arbuste épineux de 1 à 4 m), *Diheteropogon hagerupii* (graminée annuelle) et *Tephrosia purpurea* (Papilionacée annuelle); dans certains bas de pente ayant une tendance à l'en-gorgement *Elionurus elegans* (graminée annuelle) pouvait remplacer *Tephrosia purpurea*.

En 1980, MEYER et LHOSTE ont dénombré les bovins et petits ruminants venant s'abreuver au forage sur des périodes de 2 jours. Ils en ont déduit une charge de 9,9 ha/bovin, soit de 11,6 ha/UBT (1). Les estimations concernant les petits ruminants sont moins précises et varient entre 40 p.100 de l'effectif des bo-vins (FAYOLLE et al. 1974) et le double de celui-ci (SHARMAN et GNING 1983). On notera qu'en saison sèche, Tessekré accueille également des bovins et des dro-madaires mauritaniens.

Le dispositif expérimental mobile mis en place à Tessekré comprenait :

- 6 zébus mâles de race Gobra de 2 à 3 ans destinés à l'étude du com-portement alimentaire et à la mesure de l'excrétion fécale.

- 6 moutons mâles de race Peul-Peul de 1 à 2 ans pour la mesure de la digestibilité "in vivo" dans des cages à métabolisme des fourrages disponibles sur les pâturages.

- 8 moutons de même type servant à l'étude du comportement alimentaire et à la mesure de l'excrétion fécale.

- 1 zébu et 4 moutons fistulés du rumen pour la constitution d'échan-tillons de fourrage ingéré par le zébu et des prélèvements de jus de rumen des-tinés à des analyses physico-chimiques.

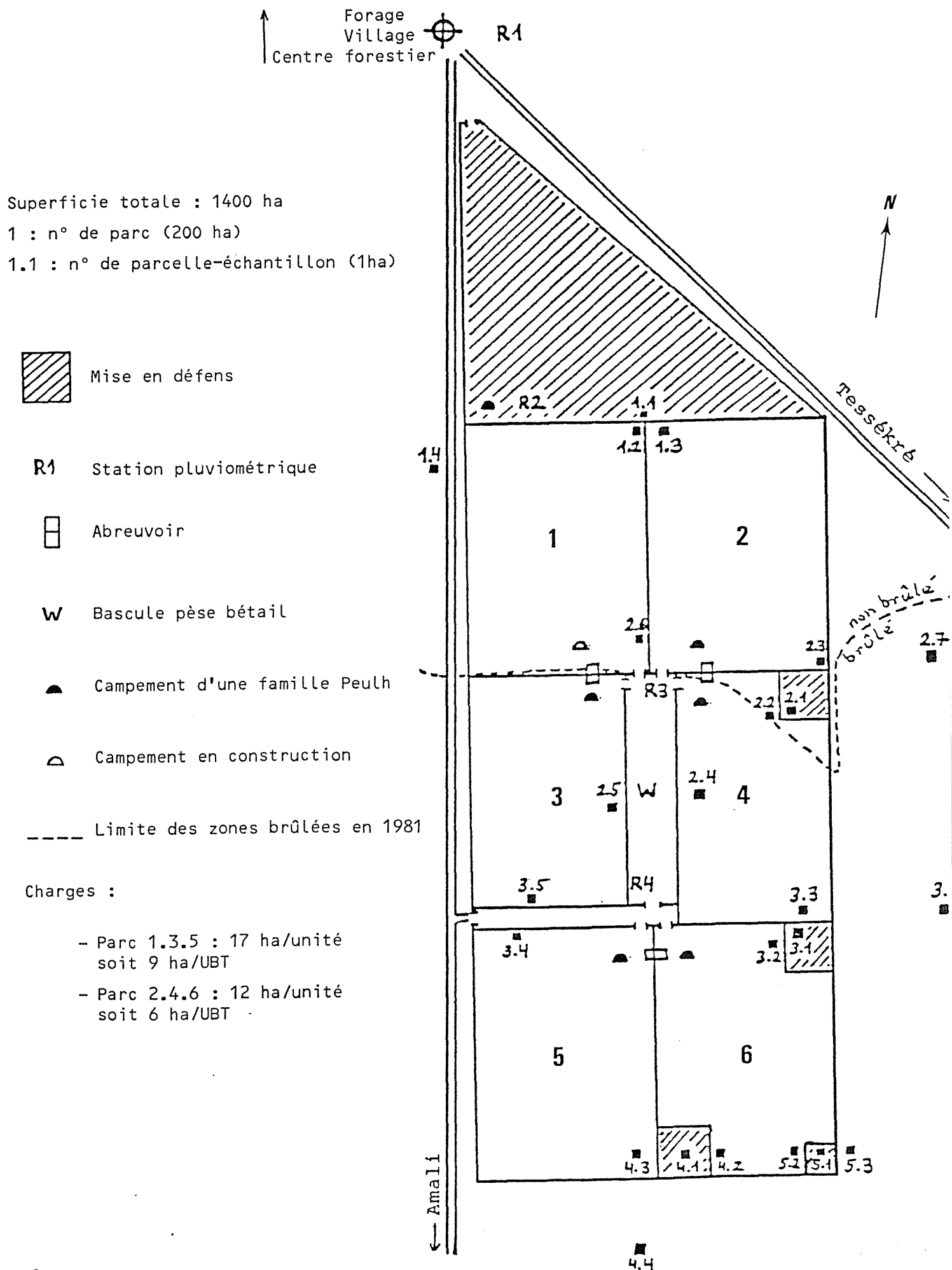
Enfin, deux troupeaux naisseurs, l'un encadré par la SODESP, recevant donc une complémentation, et l'autre considéré comme témoin ont été pesés en dé-but et en fin de saison sèche.

La description des pâturages est empruntée à VALENZA (1984).

Les mesures sur les animaux ont eu lieu durant 3 semaines en hivernage (septembre), 6 semaines en saison sèche froide (janvier-février), 9 semaines en saison sèche chaude (mai-juin).

(1) Un bovin sahélien est équivalent à 0,85 UBT (TOUTAIN et LHOSTE 1978). Habituellement, la charge d'un pâturage est exprimée par le nombre de bovins par hec-tare (bovin/ha ou UBT/ha). Les charges très faibles des pâturages sahéliens obligent à utiliser des décimales : dans ce cas 0,1 et 0,086 bovin/ha. Pour faciliter la lecture, nous avons assimilé la charge à la surface de pâturage rapportée à l'effectif du cheptel (ha/bovin ou ha/UBT). Il aurait été préférable de l'exprimer d'une manière moins abstraite en UBT ou en bovins par 100 hectares

Figure I : Plan de la station d'élevage et situation des parcelles-échantillons à Vindou-Tiengoli (d'après KLUG - 1982)



VINDOU TIENGOLI :

Vindou Tiengoli est éloigné d'une trentaine de kilomètres seulement du forage précédent, son relief et sa pédologie y sont peu différents de ceux décrits ci-dessus.

La plus grande partie des pâturages situés sur les pentes et les espaces interdunaires est à base de *Sclerocarya birrea* (arbre), *Balanites aegyptiaca* (arbuste), *Schoenefeldia gracilis* (graminée annuelle) et *Aristida mutabilis* (graminée annuelle); ils ont l'aspect de steppes mésophiles arbustives parfois arborées (VALENZA 1984).

La station d'élevage du projet forestier comprend 6 parcs de 200 hectares (figure I) environ, alimentés en eau depuis le forage par une conduite de 5 km. Une bascule pèse bétail est au centre du dispositif. Un accord a été conclu entre la mission forestière et quelques éleveurs de Vindou Tiengoli; en voici les principaux termes :

- une famille et un troupeau sont installés dans chaque parc,
- chaque troupeau est constitué de vaches allaitantes, de brebis et de chèvres gestantes et/ou suitées,
- les effectifs sont tels que les charges sont constantes selon deux niveaux : 12 hectares par "unité" pour 3 parcs et 17 hectares par "unité" pour les 3 autres, soit respectivement 6 ha/UBT et 9 ha/UBT, sachant qu'une "unité" est constituée d'une vache, d'une brebis, d'un demi-chèvre et de leur suite.
- tous les animaux sont identifiés et déparasités régulièrement,
- les naissances, mortalités, entrées et sorties sont enregistrées au jour le jour, les animaux sont pesés chaque mois,
- un autre troupeau, maintenu à l'extérieur de la station est l'objet des mêmes contrôles mais une partie seulement des animaux est déparasitée pour faire la démonstration de l'intérêt du traitement.

Le pâturage est également l'objet d'un suivi précis dans le but d'analyser les variations interannuelles de la production et de la composition floristique ainsi que les relations animal-végétal dans un tel système :

- une étude agrostologique a été effectuée à la fin des hivernages 1981 et 1982 par Mme S. KLUG (1982) de l'Université de Hambourg.
- des parcelles témoins sont étudiées dans le détail. Certaines sont mises en défens,
- une attention particulière est portée aux ligneux pour lesquels on étudie spécialement la régénération spontanée et les effets de pâturage sur cette régénération,
- un observateur note chaque mois, les préférences alimentaires des animaux.

Tableau I : Divisions phytogéographiques (d'après J. TROCHAIN 1940, cité par CORNET et POUPON 1977)

Région phytogéographique	Domaine	Secteur	Limite Sud approximative
soudano-deccanienne	sahélien	sahélo-saharien	16° de latitude Nord isohyète 350 mm
		sahélo-soudanien	15° de latitude Nord isohyète 550 mm
	soudanien	soudano-sahélien	14° de latitude Nord isohyète 750 mm
		soudano-guinéen	

Notre intervention s'est limitée à étudier les préférences alimentaires des bovins, ovins, caprins présents dans un parc ayant une charge de 6 ha/UBT (n°3 du plan - figure I) et à constituer des échantillons représentatifs du régime et des fèces destinés aux analyses de laboratoire. De plus, la biomasse herbacée disponible en milieu et fin de saison sèche a été estimée dans deux parcs, l'un subissant une charge forte (6 ha/UBT), l'autre une charge faible (9 ha/UBT).

Ce travail a été fait au cours de 5 missions de 3 jours espacées de 2 mois d'octobre 1982 à août 1983.

DOLI :

Le ranch de Doli qui s'étend sur 80 000 hectares est situé aux confins du bassin arachidier et de la zone sylvo-pastorale du Ferlo.

Géré par la SODESP (1), sa fonction est d'accueillir des zébus mâles, d'un an environ, en provenance des troupeaux naisseurs du Ferlo encadrés par la même société de développement; ces animaux, confiés par contrats à des rééleveurs, reçoivent une complémentation minérale et azotée à base de tourteau d'arachide; après 18 mois à 2 ans, lorsqu'ils atteignent un poids voisin de 300 kg, ils sont dirigés vers un centre d'embouche près de Dakar (BLAIN 1983).

Le village de Doli situé à 120 km au Sud de Tessekré est proche de la limite entre les zones sahéliennes et soudaniennes (tableau I).

Les pâturages du ranch ont fait l'objet de nombreuses études : RAYNAL (1963), VALENZA et DIALLO (1970), NAEGELE (1971), CORNET et POUPON (1977), BOUDET (1983). La partie Nord du ranch comprend le village de Doli et le parc "Ndiaga IIa" couvrant 750 hectares mis à la disposition du programme de recherche par la SODESP. Elle porte des sols sableux et ferrugineux lessivés au modelé dunaire faiblement ondulé. Les petits bas-fonds interdunaires occupent 4 p.100 de la surface : certains constituent des mares temporaires en hivernage. La partie Sud du ranch est couverte de sols gravillonnaires ferrallitiques. Nous n'y avons pas travaillé.

La végétation de la zone sableuse du ranch est décrite comme une savane arbustive (517 ligneux par hectare dont 93 p.100 ont un tronc de circonférence inférieure à 10 cm et 48 p.100 sont morts - CORNET et POUPON 1977) à *Combretum glutinosum* (arbuste), *Terminalia avicennioides* (arbuste), *Ctenium elegans* (graminée annuelle), *Andropogon gayanus* (graminée pérenne) et *Diheteropogon hagerupii* (graminée annuelle) (RAYNAL 1963).

En 1977, CORNET et POUPON notaient la régression d' *Andropogon gayanus*, régression qui s'est poursuivie.

(1) SODESP : Société de Développement de l'Elevage en zone Sylvopastorale.

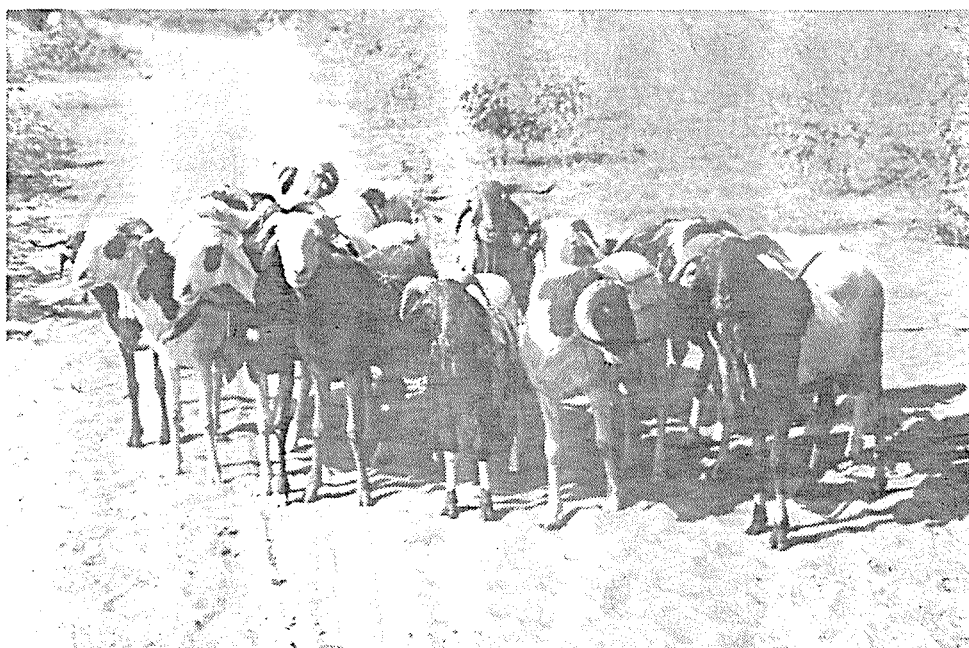


Photo I.3 - Moutons mâles de race Peul-Peul
(Cliché FRIOT 1982)



Photo I.4 - Zébus de race Gobra
(Cliché FRIOT 1982)

Le parc "Ndiaga IIa" servait de parc de transit pour les animaux du ranch et a souvent subi un surpâturage particulièrement néfaste en hivernage. Durant la période où il nous a été confié, les effectifs de bovins, petits ruminants et chevaux ont été enregistrés par comptage hebdomadaire et relativement contrôlés. La charge a été en moyenne de 7 ha par UBT pendant les deux années d'expérimentation.

Le troupeau expérimental comprenait :

- une trentaine de moutons mâles de race Peul-Peul qui servaient d'une part à l'étude du comportement alimentaire et aux mesures d'excrétion fécale au pâturage et, d'autre part, aux mesures (en cages) de digestibilité *in vivo* des fourrages disponibles. Le hangar et les cages démontables ont été transportés de Tessekré à Doli en juin 1981,

- 3 à 5 moutons fistulés de l'oesophage ou du rumen,

- 5 zébus mâles de race Gobra de 2 ans et 66 zébus de 1 an ont été soit achetés (n = 11), soit prêtés par la SODESP (n = 60) en novembre 1981. Un zébu porteur d'une grande fistule du rumen a été présent jusqu'en août 1982 et a été remplacé par deux zébus fistulés de l'oesophage. Ces animaux ont servi à l'étude du comportement au pâturage et à celle des préférences alimentaires, à des mesures d'excrétion fécale, à des essais de digestibilité *in vivo* en stalles, à des prélèvements oesophagiens et à des essais de complémentation avec du tourteau d'arachide.

La composition floristique et la production du pâturage ont été étudiées à la fin des hivernages 1981 et 1982. La diminution au cours de la saison sèche de la quantité de biomasse disponible a été mesurée en 1982 et en 1983.

Le dispositif expérimental le plus complet a donc été mis en place à Doli. Les résultats obtenus à Tessekré et Vindou Tiengoli permettent de mettre en évidence les différences entre stations, en particulier entre les pâturages de zone sahélo-soudanienne de Doli et ceux qui subissent un climat sahélien pur.

On notera que tout le travail a été effectué sur des pâturages couvrant des sols sableux ferrugineux et qu'il serait utile dans l'avenir de faire des comparaisons avec les parcours du "Ferlo cuirassé ferrallitique", ou ceux gravillonnaires, du Sud du ranch de Doli.

CHAPITRE VII

DESCRIPTION DES PATURAGES EXPLOITES PENDANT L'ETUDE DU COMPORTEMENT ALIMENTAIRE DES RUMINANTS.

INTRODUCTION

La variabilité interannuelle et entre les stations de la composition floristique et de la productivité des pâturages sahéliens rendait indispensable ce volet du programme qui n'était pas prévu à l'origine.

Nous avons fait appel soit à des études agrostologiques contemporaines, soit aux compétences de spécialistes en pastoralisme (G. BOUDET (1), J. VALENZA (2), Kh DIEYE (2)).

Notre démarche correspond à celle d'un apprentissage. Bien que contestable au plan scientifique, elle correspond à celle d'une équipe qui, confrontée à des problèmes d'alimentation et de zootechnie, cherche à donner à ses recherches un éclairage plus complet en considérant l'animal dans son milieu : nous l'avons dit, cette démarche peu fréquente, tout au moins en milieu tropical, non standardisée est, finalement, l'objet de nombreux tâtonnements.

VII.1 - Tessekré (d'après les travaux de VALENZA 1984).

VII.1.1. - Méthode d'étude

Les pâturages de Tessekré ont été étudiés par J. VALENZA de 1976 à 1983 sur 8 placeaux situés sur 2 axes à 2, 5, 8, 10 km (échantillonnage systématique) du forage avec le protocole suivant :

- les placeaux appartenant tous au même type de pâturage (3) sont repérés et identifiés grâce à des marques de peinture sur 4 arbres. Un point fixe est repéré à l'intérieur de chaque placeau, il sert d'origine à toutes les mesures et observations qui ont lieu tous les ans en fin de saison des pluies.

- deux lignes de 30 m de même origine sont matérialisées par un cordon. L'une suit la courbe de niveau, l'autre la ligne de plus grande pente. Toutes les espèces présentes sur cette ligne, dans une bande de 1 cm, sont comptées. Ce dénombrement total permet d'établir l'"abondance numérique" (chapitre II) de chaque espèce avec un coefficient d'imprécision inférieur à 5 p.100 (VALENZA 1984).

(1) agropastoraliste à l'I.E.M.V.T. - Maisons-Alfort

(2) agropastoraliste au L.N.E.R.V. - Dakar

(3) PS1 : Formations sur sols sableux à sablo-argileux. Groupements sur pénégplaine haute à *Sclerocarya birrea* et *Balanites aegyptiaca* - Parcours à *Diheteropogon hagerupii* et *Tephrosia purpurea* (VALENZA et DIALLO 1972)

Tableau 7.1 : Composition botanique et productivité des pâturages de TESSEKRE en fonction de leur distance par rapport au forage (observations de 1980 et 1982 d'après VALENZA - 1984)

Végétation herbacée - (en p.100)(année d'observation 1980 - Composition floristique totale sur 2 lignes de 20 mètres)

	Distance par rapport au forage en kilomètres		
	0,5	2	5
Gramineae	76,3	69,6	56,2
<i>Aristida mutabilis</i>	+	13,5	17,7
<i>Brachiaria xantholeuca</i>	1,4	1,5	+
<i>Cenchrus biflorus</i>	65,1	18,8	18,5
<i>Eragrostis tremula</i>	3,7	28,0	10,4
<i>Schoenefeldia gracilis</i>	+	4,3	8,0
Autres graminées	6	3,5	1,6
Papilionaceae	22,8	12,6	20,1
<i>Alysicarpus ovalifolius</i>	4,7	2,9	0,8
<i>Indigofera aspera</i>	1,9	3,4	8,0
<i>Zornia glochidiata</i>	15,3	2,9	10,0
Diverses	0,9	3,4	1,3
Autres familles herbacées	0,9	17,8	23,7
<i>Borreria radiata</i> <i>Fimbristilis hispidula</i> <i>Merremia pinnata</i> <i>Polycarpaea linearifolia</i>			
Productivité en kg MS/ha (mesurée sur 10 à 25 m ² - coupe à 5 cm)	1100	1000	730

Végétation ligneuse - (en nombre de sujets par 100 hectares) - (année d'observation 1982 : 2 parcelles de 1 hectare par site)

	Distance par rapport au forage en kilomètres		
	2	5	10
Combretaceae			
<i>Combretum aculeatum</i>		250	50
<i>Combretum glutinosum</i>		550	300
<i>Guiera senegalensis</i>	600		
Total Combretaceae	600(6,6%)	800(7,2%)	350(2,3%)
Mimosaceae			
<i>Acacia senegal</i>		50	150
<i>Acacia seyal</i>			50
<i>Acacia tortilis</i>			
<i>Dichrostachys glomerata</i>			
Zygophyllaceae			
<i>Balanites aegyptiaca</i>	150	100	100
Total épineux	150(1,7%)	150(1,3%)	300(1,9%)
Anacardiaceae			
<i>Sclerocarya birrea</i>	700	400	350
Asclepiadaceae			
<i>Calotropis procera</i>	550	2350	100
<i>Leptadenia pyrotechnica</i>		50	
Bombacaceae			
<i>Adansonia digitata</i>	17	17	17
Burseraceae			
<i>Commiphora africana</i>		200	50
Capparidaceae			
<i>Boscia senegalensis</i>	7000	6850	
Euphorbiaceae			
<i>Jatropha chevalieri</i>			150
Sterculiaceae			
<i>Sterculia setigera</i>		50	50
Total divers	8267 (91,7%)	10167 (91,5%)	14817 (95,8%)
Densité totale ligneux par 100 hectares	9017	11117	15467

- la biomasse herbacée aérienne est mesurée par un prélèvement couvrant 10 à 25 m² suivant l'hétérogénéité de la végétation, réalisé dans l'angle formé par les deux lignes. La fauche est faite à 5 cm du sol.

- la strate ligneuse est inventoriée à l'intérieur d'un cercle de 56,4 m de rayon ayant toujours le même point d'origine, couvrant 1 hectare. Les ligneux sont répartis en 10 classes de hauteur : tous les 25 cm jusqu'à 2 m, de 2 à 4 m et au dessus de 4 m. Cet inventaire est effectué en janvier.

- le recouvrement du sol est décrit le long du quadrilatère formé par quatre arbres repères et suivant ses diagonales à l'aide d'un topofil. On distingue les plages à recouvrement nul à faible, moyen ou fort, fonction du nombre de pieds par mètre linéaire (moins de 5, 5 à 10, plus de 10, respectivement).

VII.1.2 - Résultats

Les résultats pour l'hivernage 1980 qui nous intéresse sont reportés au tableau 7.1. Sur ce tableau ne figurent que les espèces herbacées principales avec leurs taux de présence en pourcentage du nombre total de plantes inventoriées et la productivité moyenne. J. VALENZA a en outre calculé le coefficient d'imprécision des relevés phytosociologiques, la densité de la végétation herbacée (en nombre de pieds par mètre), le nombre d'espèces présentes etc... (VALENZA 1984).

Les graminées, principalement *Cenchrus biflorus*, *Aristida mutabilis* et *Eragrostis tremula* représentent entre 55 et 70 p.100 du couvert herbacé dans la zone de pâturage exploitée par le troupeau d'expérience (entre 2 et 5 km du forage). Les légumineuses et les autres familles se partageaient irrégulièrement le reste du tapis herbacé. La production était d'une tonne de matière sèche par hectare environ, mais sa disparition presque totale en fin de saison sèche dans un rayon de 2-3 km autour du forage a contraint les animaux à exploiter des pâturages plus éloignés.

La végétation ligneuse était dominée par *Sclerocarya birrea* (arbre de 3 à 6 mètres), *Calotropis procera* et surtout *Boscia senegalensis* (arbustes de 1 à 2 mètres). Le peuplement augmente en s'éloignant du forage, passant de 90 sujets par hectare à 2 km à 155 sujets par hectare à 10 km.

VII.2 - Vindou Tiengoli (d'après les travaux de VALENZA 1984 et KLUG 1983)

VII.2.1 - Méthode d'étude

J. VALENZA a étudié les pâturages de Vindou Tiengoli (1) suivant le même protocole que celui de Tessekré.

S. KLUG a plus spécifiquement étudié les pâturages situés à l'intérieur de la station d'élevage sur 24 parcelles portant les 3 principaux

(1) PS3 : Formations sur sols sableux à sablo-argileux - groupement sur pénéplaine haute à *Sclerocarya birrea* et *Balanites aegyptiaca* - Parcours à *Schoenefeldia gracilis* et *Aristida mutabilis* (VALENZA et DIALLO 1972)

Tableau 7.2 - Composition botanique et productivité des pâturages de VINDOU-TIENGOLI en fonction de leur distance par rapport au forage (observations de 1982 d'après VALENZA - 1984)

Végétation herbacée en p.100 (composition floristique totale sur 2 lignes de 20 mètres)

	Distance par rapport au forage en kilomètres			
	0,5	2	5	10
Gramineae	72,6	56,8	81	87,2
<i>Aristida mutabilis</i>	19,3	19,6	31,7	47,7
<i>Cenchrus biflorus</i>	45,2	10,6	14,4	+
<i>Chloris priesurii</i>	0,9	0,8	1,1	15,5
<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	3,4	16,8	25,3	22,7
<i>Eragrostis tremula</i>	1,7		0,5	+
<i>Schoenefeldia gracilis</i>	2,0	6,5	4,8	1
<i>Tragus berteronianus</i>		2,5	2,7	0,3
Autres graminées	+		0,5	
Papilionaceae	27,4	42,5	18,5	8,8
<i>Alysicarpus ovalifolius</i>	3,2	14,3	1,6	+
<i>Zornia glochidiata</i>	24,2	27,9	16,4	8,5
		0,3	0,5	0,2
Autres familles herbacées	0	0,7	0,5	4,0
<i>Borreria radiata</i>				
<i>Ceratotheca sesamoides</i>				
<i>Fimbristylis hispida</i>				
<i>Portulaca foliosa</i>				
Diverses				
Productivité en kg MS/ha (mesurée sur 10 à 25 m ² - coupe à 5 cm)	P*	300	430	360

P : pâturé au moment de la coupe

Végétation ligneuse - en nombre de sujets de 100 hectares (2 et 3 parcelles de 1 hectare à 5 et 10 km respectivement)

	Distance par rapport au forage en kilomètres	
	5	10
Combretaceae		
<i>Guiera senegalensis</i>	566	100
Total Combretaceae	566 (3,2%)	100 (1,5%)
Mimosaceae		
<i>Acacia senegal</i>	33	33
<i>Acacia seyal</i>		
Zygophyllaceae		
<i>Balanites aegyptiaca</i>	800	833
Total épineux	833 (4,7%)	866 (13,0%)
Anacardiaceae		
<i>Sclerocarya birrea</i>	533	666
Asclepiadaceae		
<i>Calotropis procera</i>	800	600
<i>Leptadenia pyrotechnica</i>	400	
Bombacaceae		
<i>Adansonia digitata</i>	17	17
Burseraceae		
<i>Commiphora africana</i>	33	
Capparidaceae		
<i>Boscia senegalensis</i>	14600	4400
Sterculiaceae		
<i>Sterculia setigera</i>	33	
Total divers	16416 (92,1%)	5683 (85,4%)
Densité totale : ligneux par 100 hectares	17815	6649

Tableau 7.3 - Composition botanique des pâturages des parcelles d'élevage (1400 hectares) du projet forestier sénégalais-allemand de VINDOU TIENGOLI déterminée en 1982 sur 24 parcelles de 1 hectare (d'après les observations et communication personnelle de KLUG - 1982)

Végétation herbacée : taux de recouvrement du sol en p.100 du recouvrement total du sol par le tapis herbacé

	en p.100 du recouvrement
Gramineae	89
<i>Aristida longiflora</i>	6
<i>Aristida mutabilis</i>	46
<i>Aristida stipoides</i>	1
<i>Brachiaria xantholeuca</i>	6
<i>Cenchrus biflorus</i>	3
<i>Cenchrus priesurii</i>	+
<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	21
<i>Digitaria horizontalis</i>	2
<i>Eragrostis tremula</i>	1
<i>Schoenefeldia gracilis</i>	1
<i>Tragus berteronianus</i>	2
Papilionaceae	2
<i>Alysicarpus ovalifolius</i>	1
<i>Indigofera aspera</i>	+
<i>Indigofera diphylla</i>	
<i>Zornia glochidiata</i>	1
Autres familles herbacées	9
<i>Amaranthus graecizans</i>	1
<i>Kuhnia grandiflora</i>	1
<i>Merremia tridentata</i>	2
<i>Polycarpha linariifolia</i>	5

Végétation ligneuse : en nombre de sujets de plus de 150 cm de hauteur par 100 hectares et en jeunes plants (régénération naturelle) par 100 hectares

Famille (type)	Espèce	Nombre d'individus de plus de 150 cm de hauteur par 100 hectares	Nombre de jeunes plants par 100 hectares
Combretaceae	<i>Combretum aculeatum</i>	12	500
	<i>Combretum glutinosum</i>	171	21
	<i>Guiera senegalensis</i>	54	8
Total Combretaceae		237 (5,4%)	529 (9,2%)
Mimosaceae (épineux)	<i>Acacia raddiana</i>	46	12
	<i>Acacia senegal</i>	108	238
	<i>Acacia seyal</i>	29	54
Rhamnaceae (épineux)	<i>Ziziphus mauritiana</i>	12	12
	<i>Ziziphus mucronata</i>	4	
Zygophyllaceae (épineux)	<i>Balanites aegyptiaca</i>	1141	933
Total épineux		1340 (30,6%)	1249 (21,8%)
Anacardiaceae	<i>Sclerocarya birrea</i>	937	21
Asclepiadaceae	<i>Calotropis procera</i>	1146	146
	<i>Leptadenia hastata</i>	21	
Bombacaceae	<i>Adansonia digitata</i>	17	
Bignoniaceae	<i>Stereospermum kunthianum</i>	4	
Burseraceae	<i>Commiphora africana</i>	54	
Capparidaceae	<i>Boscia senegalensis</i>	487	3775
	<i>Cadaba farinosa</i>	8	
Caesalpinaceae	<i>Bauhinia rufescens</i>	4	
Papilionaceae	<i>Dalbergia melanoxylon</i>	8	
Rubiaceae	<i>Feretia apodanthera</i>	25	
Sterculiaceae	<i>Sterculia setigera</i>	17	
Tiliaceae	<i>Grewia bicolor</i>	71	
Total divers		2799 (64%)	3950 (68,9%)
Total général		4376 pour 100 ha	5729 pour 100 ha
		observations de 1981	observations de 1982

types de végétation qu'elle a identifiés. Sur chaque parcelle de 100m de côté, 25 placeaux de 1 m² sont disposés suivant un quadrillage régulier. La végétation a été relevée en 1981 et 1982 d'après l'échelle mixte d' "abondance-dominance" de BRAUN BLANQUET (chapitre II). Après le relevé, l'herbe était fauchée à 5 cm du sol, séchée à l'air dans des sacs en tissus et pesée.

En janvier et juin 1983, nous avons effectué des prélèvements pour mesurer la biomasse disponible sur des placeaux disposés dans 5 de ces parcelles-échantillons réparties dans un parc mis en défens (n = 1), un parc subissant le haut niveau de charge (6 ha/UBT) (n = 2), un parc subissant le bas niveau de charge (9 ha/UBT) (n = 2) où ont eu lieu les observations sur le comportement alimentaire des animaux. Les prélèvements ont donc porté sur 5 x 25 placeaux transplantés à chaque fois de 1 mètre par rapport aux précédents. La coupe a alors été faite au ras du sol, ce qui, compte tenu de l'état de la végétation en saison sèche (abondantes pailles brisées à l'état de litière) et du comportement des animaux, correspond mieux au fourrage effectivement disponible.

En septembre 1981, S. KLUG a inventorié sur les mêmes placeaux, tous les ligneux d'une taille supérieure à 150 cm et en mai 1982 les individus plus jeunes témoignant de la régénération.

VII.2.2 - Résultats

- Végétation herbacée

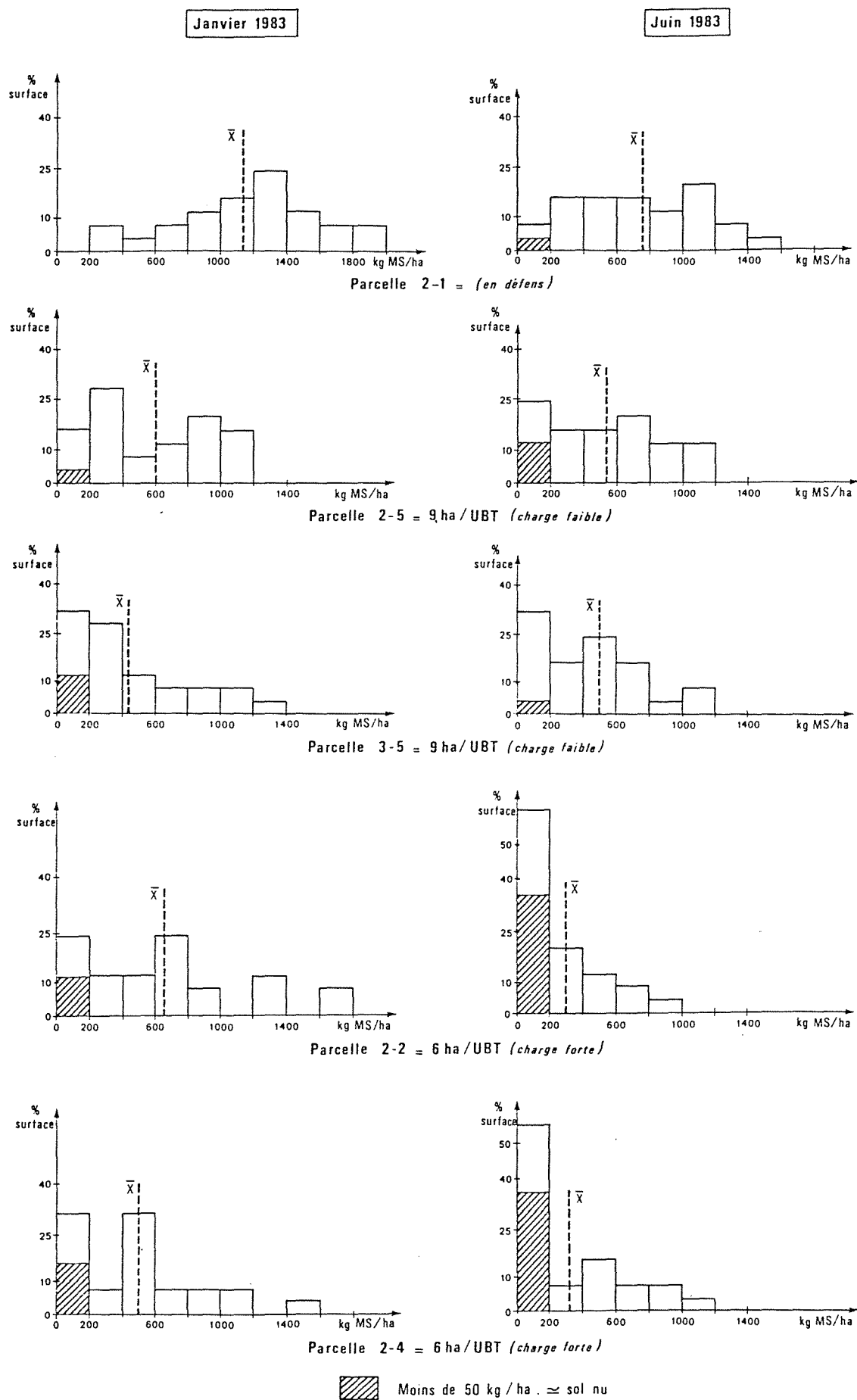
Si on se réfère aux observations de J. VALENZA, (tableau 7.2), les graminées (principalement: *Aristida mutabilis*, *Dactyloctenium aegyptium*, *Cenchrus biflorus*) constituaient en 1982, 80 à 90 p.100 du couvert herbacé, les légumineuses 10 à 20 p.100, les autres plantes herbacées étaient très peu représentées. La production, en rapport avec la pluviométrie cette année là (260 mm), était très faible : de l'ordre de 400 kg/hectare.

Nous avons converti les observations de S. KLUG dans le parc 3 en calculant, pour chaque espèce, le taux de recouvrement du sol en pourcentage du recouvrement total (tableau 7.3). La part des graminées (89 p.100) était du même ordre que celle estimée par VALENZA. Par contre, dans la parcelle étudiée, les légumineuses étaient peu représentées.

Les espèces dominantes étaient à peu près les mêmes que celles citées par J. VALENZA. Cependant certaines, comme *Aristida longiflora* (graminée pérenne) et *Brachiaria xantholeuca* (graminée annuelle), ne sont citées que par S. KLUG.

Inversement, *Indigofera diphylla* (papilionacée), non signalée dans les placeaux de J. VALENZA ni dans ceux de S. KLUG, était présente par plages dans le parc 3 et, jouait un rôle important dans l'alimentation des animaux (annexe 12).

Figure 7.1 - Répartition de la biomasse herbacée disponible dans les parcelles d'élevage du projet forestier de Vindou-Tiengoli en début et en fin de saison sèche : effet de la charge



En fin d'hivernage, les résultats des mesures de production de S. KLUG (500 à 600 kg) sont supérieurs à ceux de J. VALENZA (300 à 430 kg/ha) bien qu'ils utilisent tous les deux la même technique. Cette différence s'explique probablement par le fait que la charge était contrôlée à l'intérieur des parcs alors que les parcelles étudiées par VALENZA ont dû subir un pâturage plus intense.

Les résultats obtenus à partir de janvier ne peuvent être comparés à ceux d'octobre puisque les techniques de prélèvements étaient différentes; les différences entre les prélèvements de janvier et juin rendent compte de la disparition du fourrage durant une partie de la saison sèche (165 jours) sous l'effet du pâturage et d'autres facteurs naturels. Les résultats varient en fonction du mode d'exploitation (figure 7.1):

- la parcelle mise en défens portait du *Zornia glo-chidiata* pratiquement à l'état pur et la plus forte production (1 160 kg/ha). La biomasse disponible a diminué de 35 p.100 durant la saison sèche sous l'effet du vent qui emporte les folioles et des destructeurs naturels.

- les parcelles subissant une charge faible (9 ha/UBT) portaient des biomasses non significativement différentes en janvier et en juin. Les surfaces de sol nu (moins de 50 kg par hectare) ou faiblement couvertes de fourrage (moins de 200 kg par hectare) n'ont augmenté que dans une des deux parcelles étudiées (2-5) de 4 à 12 p.100 et de 16 à 24 p.100 respectivement.

- la quantité de fourrage disponible sur les parcelles subissant une charge forte (6 ha/UBT) a diminué de janvier à juin : de 33 p.100 sur l'une et de 55 p.100 sur l'autre. Les surfaces de sol nu ou faiblement couvertes ont beaucoup augmenté : de 15 à 35 p.100 pour le sol nu et de 25-30 p.100 à 55-60 p.100 pour les surfaces portant moins de 200 kg par hectare. L'état de ce pâturage en juin indiquait une utilisation maximale du fourrage disponible; il aurait été intéressant de pouvoir comparer dans ces conditions les régimes et les performances des animaux à ceux observés dans les parcelles à charge faible.

- Végétation ligneuse

Comme à Tessekré, le couvert ligneux est dominé par *Sclerocarya birrea*, *Calotropis procera* et *Boscia senegalensis* mais *Balanites aegyptiaca* (arbuste épineux) y est beaucoup plus abondant et occupe dans le paysage une place aussi importante que celle de *Calotropis procera*. J. VALENZA a trouvé des densités de peuplement plus importantes que S. KLUG (66 à 178 sujets par hectare contre 44) mais cette dernière n'a compté lors de son premier inventaire (1981) que les sujets de plus de 150 cm. En complétant les résultats de S. KLUG avec son deuxième inventaire réalisé en mai 1982 sur les jeunes plants, l'effectif est alors de 100 sujets par hectare.

Tableau 7.4

Végétation de Ndoli - Nord (CORNET et POUPON - 1977)

4. Ndoli-Nord.

Sur cette parcelle qui a subi un net appauvrissement en graminées, notamment en grandes Andropogonées annuelles, nous avons distingué quatre groupements principaux :

I d — Un groupement de dunes et de pentes, occupant 50 % de la surface, à : *Andropogon gayanus*, *Elionurus elegans*, *Borreria* spp. *Schizachyrium exile*, *Euphorbia convolvuloides*, *Tephrosia linearis*, *Tephrosia bracteolata* et *Ctenium elegans*.

II d — Un groupement des pentes moyennes et des bas de pentes (représentant 25 % de la surface) qui comprend : *Digitaria gayana*, *Elionurus elegans*, *Ctenium elegans*, *Crotalaria perrotetii*, *Indigofera bracteolata*, *Brachiaria xantholeuca*, *Borreria* spp., *Schizachyrium exile*, *Zornia glochidiata* et *Eragrostis tremula*.

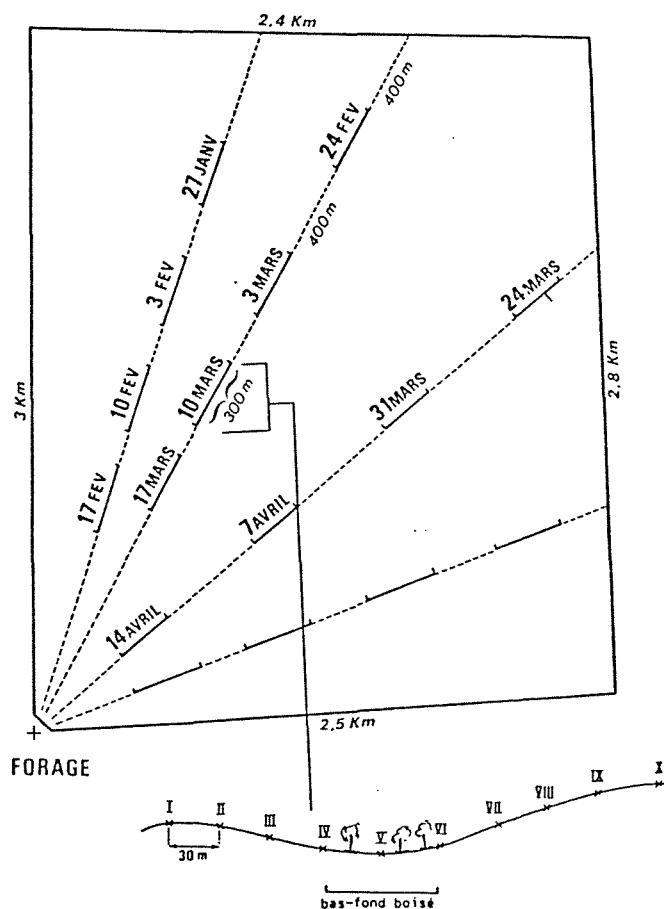
III d — Un groupement de bas-fonds (15 % de la surface) à *Schoenefeldia gracilis*, *Panicum pansum*, *Setaria pallide-fusca*, *Dactyloctenium aegyptium*, *Cassia absus* et *Brachiaria distichophylla*.

IV d — Un groupement sciaphile sous arbres et arbustes comprenant : *Borreria stachydea*, *Digitaria horizontalis*, *Achyranthes porphyrostachya*, *Commelina forskalei*, *Pennisetum pedicellatum* et *Ipomoea heterotricha*.

Figure 7.2

Répartition des observations et prélèvements hebdomadaires effectués en 1981 et 1982 dans la parcelle Diaga Iia du ranch de Doli (SODESP)

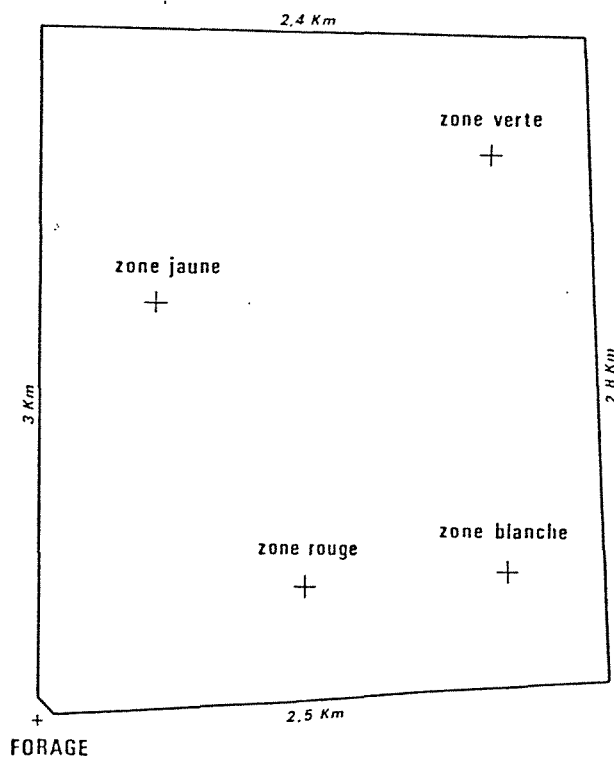
Parcelle Diaga Iia : 740 hectares



- prélèvements n° I à X
- pour chaque plateau de 1m² : détermination des espèces principales et des espèces secondaires et mesure de la biomasse en vert et en sec

Figure 7.3

Répartition des quatre "parcelles échantillons" du ranch de Doli ayant servi à l'étude de la végétation herbacée par la méthode des points quadrats alignés



VII.3 - Doli

VII.3.1 - Méthode d'étude

La partie Nord du ranch de Doli a été décrite dans le détail par CORNET et POUPON, entre autres auteurs, en 1977 (tableau ci-contre).

Nous avons tenté de caractériser les disponibilités fourragères par plusieurs méthodes :

a) Végétation herbacée

Dans un premier temps, dès août 1981, la quantité de fourrage disponible dans la parcelle Ndiaga IIa a été estimée par 10 prélèvements hebdomadaires de 1 m² répartis au hasard sur la parcelle.

Au début de la saison sèche, il est apparu que la parcelle était inégalement exploitée par les animaux qui avaient tendance à rester à proximité des abreuvoirs et des mangeoires où sont distribués les aliments de complément. Il y avait donc un gradient très visible de pression de pâturage qui diminuait quand on s'éloignait du forage, identique, bien qu'à plus petite échelle, à celui observé aux abords des forages du Ferlo.

Les prélèvements ont alors été répartis systématiquement le long de transects avant leur origine au forage et dirigé vers le fond du parc suivant le plan de la figure 7.2.

Un peu plus tard, en décembre 1981, G. BOUDET en mission pour le programme LAT (BARRAL et al. 1983), nous a conseillé de choisir plusieurs parcelles représentatives et d'étudier l'évolution de la quantité de fourrage disponible au niveau de ces "parcelles échantillons"; à son avis, la distribution du fourrage sur le pâturage était trop hétérogène pour que des prélèvements répartis sur des transects, dont l'orientation variait chaque mois, puissent donner une indication suffisamment précise de l'évolution du stock fourrager. Nous avons cependant poursuivi les observations sur les transects, tout en adoptant la méthode préconisée par G. BOUDET, afin de comparer les deux séries de résultats. Les observations faites le long des transects se sont révélées très qualitatives et difficiles à interpréter (DIENG 1986). Leurs résultats ne seront donc pas exposés ici.

Après une visite du parc en suivant comme itinéraire une ligne distante de 50 à 100 m des clôtures à l'intérieur de celles-ci et les diagonales du quadrilatère ainsi formé, nous avons donc procédé à un échantillonnage à la fois subjectif et systématique (1) en choisissant un versant dunaire associé à un bas fonds, aussi représentatif que possible, dans chaque quart de la parcelle (figure 7.3).

(1) Notre manque d'expérience et de connaissance en pastoralisme ne nous permettait pas d'identifier les différents types de végétation.

Figure 7.4 - Méthode des points quadrats alignés (DAGET et POISSONET - 1971 d'après BOUDET - 1983)

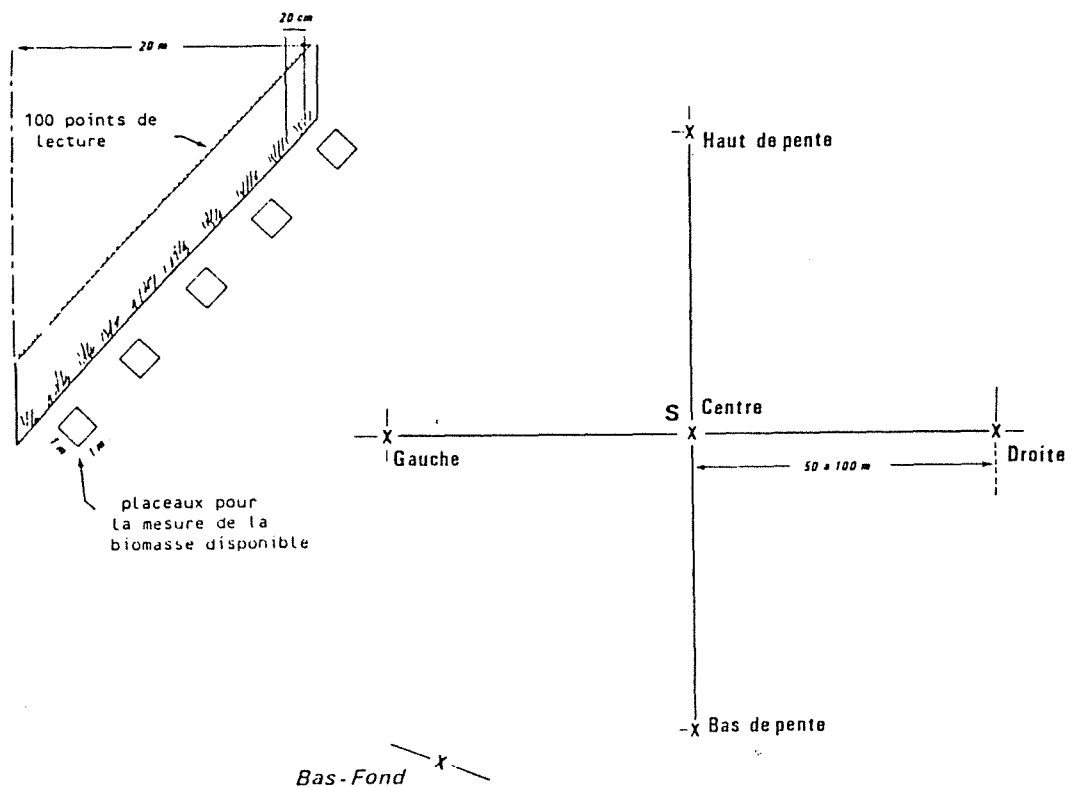
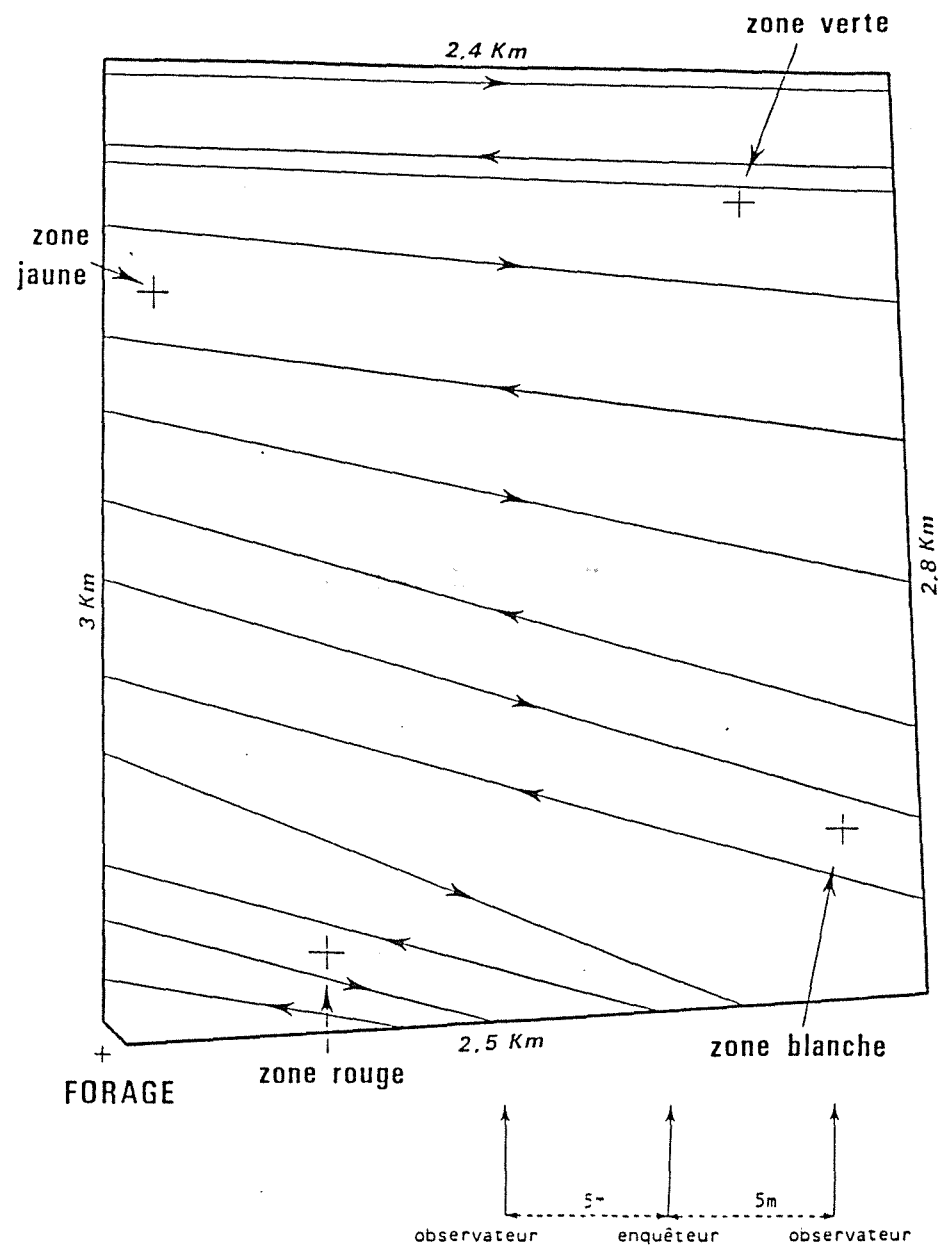


Figure 7.5 - Caractérisation botanique du couvert ligneux



Surface couverte par les observations :
27 ha soit 3,6 p.100 de la surface
(en 3 jours)

Sur chacune des toposéquences retenues, nous avons délimité par des marques de peinture sur les arbres (rouge, jaune, vert, blanc) un quadrilatère de 100 à 300 m de coté incluant à ses extrémités un ensellement et un vallon. Le couvert herbacé de ces parcelles échantillons a été caractérisé par deux méthodes complémentaires que nous a conseillé et enseigné G. BOUDET. Nous lui empruntons d'ailleurs la description du protocole :

a1- Estimation de la composition floristique par la méthode des "points quadrats alignés" (DAGET et POISSONET 1971 - chapitre II).

Cinq lignes d'observations de 20 mètres ont été réparties sur les parcelles (figure 7.4):

- 1 au centre du versant dans le sens de la pente,
- 4 équidistantes du centre également dans le sens de la pente : une en haut du versant, une dans le bas du versant, deux de part et d'autre du centre sur la même courbe de niveau,
- 1 dans le bas fond.

Les observations (N = 100) ont été faites tous les 20 cm, le long d'un double décimètre suspendu à 60 cm du sol. A chaque point de lecture, les espèces en contact avec une baguette effilée étaient notée en "présence" (1) ou en "absence" (0) et l'observation était enregistrée en "sol nu" si aucune plante ne touchait la baguette. Les identifications botaniques indispensables à ce travail ont été faites sur le terrain par MM. SEMBA NDARY KA et GATIOL KA qui ont donné les noms des plantes en Peul; les noms scientifiques ont été précisés au vu d'échantillons, par les chercheurs des services de pastoralisme du L.N.E.R.V. et de l'I.E.M.V.T.

Une fois la correspondance entre noms vernaculaires et noms scientifiques établie nous n'avons travaillé qu'avec les noms vernaculaires d'un usage plus facile avec le personnel. Il a fallu cependant introduire quelques nuances dans les lexiques de VALENZA et DIALLO (1972) et NAEGELE (1971), car un même nom recouvre souvent plusieurs espèces, en particulier pour les graminées. (annexe 1)

Les résultats cumulés des cinq lignes de lecture situées sur le versant de chaque parcelle échantillon ont été traités suivant la méthode décrite au chapitre II; ceux relatifs aux bas fonds ont été traités séparément.

a2- Estimation de la production et de la quantité de fourrage disponible

L'estimation de la quantité de fourrage disponible a été effectuée par coupe au ras du sol des pailles de graminées et des tiges des autres espèces herbacées dans des carrés de 1m² limités par un



Photo 7.1 - Détermination des fréquences spécifiques des espèces herbacées
(Cliché FRIOT 1982)



Photo 7.2 - Mesure de biomasse sur un plateau de 1m²
(Cliché FRIOT 1982)

Tableau 7.5 - Composition botanique (contributions spécifiques en p.100) du tapis herbacé de quatre types de parcours observés dans la parcelle expérimentale de Doli (740 hectares) en 1981

	Parcours de zone rouge		Parcours de zone jaune		Parcours de zone verte		Parcours de zone blanche		Moyenne des 4 zones	
	Versants	Bas fonds	Versants	Bas fonds	Versants	Bas fonds	Versants	Bas fonds	Versants	Bas-fonds 4 p.100 de S
GRAMINEES	73	75	86	97	86	71	71	74	79	79
1/Andropogon pseudapricus }	2		7		16	17	5	1	7	4
Schizachyrium exile }										
Aristida stipoïdes	+		+	+	+		+			
Ctenium elegans	2		4		5	3	14	3	6	1
Diheteropogon hagerupii			2		+	+	+		1	
2/Brachiaria xantholeuca	2	6	3	3	5	8	2	1	3	4
Cenchrus biflorus	4	3	2	4	1	+	1		2	2
Cenchrus prieurii	3	3	2	4	1	+	7	+	3	3
Chloris prieurii	1		3	+			+		1	
Dactyloctenium aegyptium	+	4	+	+	2	4	+	3	1	3
Digitaria gayana	1	20	3	12	+		3	12	2	11
Pennisetum pedicellatum	3	2	2	3	+				1	1
3/Aristida mutabilis	26	+	17	4	15	7	15	18	18	7
Elionorus elegans			2	+	5	2	8	+	4	+
Eragrostis tremula	5	24	20	31	21	19	10	11	14	21
Schoenefeldia gracilis	22	6	15	34	9	4	4	23	12	17
4/Brachiaria distichophylla+ indét.	2	7	4	3	5	7	2	2	4	5
PAPILIONACEES	23	5	2	1	2	10	14	11	10	7
5/Alysicarpus ovalifolius	3	1	+	+	+	4	2		1	1
Crotalaria sp	1		1		1		3	3	2	1
Indigofera sp			+		+	2	2	+	1	1
Tephrosia sp	+	3	+	+	+	1	1		+	1
Zornia glochidiata	19	1	+	+	+	3	6	8	6	3
AUTRES FAMILLES	4	20	12	2	12	19	15	15	11	14
6/Blepharis linariifolia			+		+					
Merremia sp			+		+	1	+	5		2
Spermacoce stachydea	3	+	6	+	10	11	11	2	7	3
Urginea indica										
Volubiles diverses	+	9	3	2	+	3	+		1	3
7/Cassia mimosoïdes	1	+	+	+	+	+	+	+	+	
Cassia obtusifolia		7								2
Corchorus tridens	+		+		+	2	+			+
Fimbristylis hispidula			2		2	1	3	3	2	1
Polycarpea linearifolia			1		+	1			+	+
Divers	+	4			+		+	5	+	2
Scl nu en p.100 de S	4	-	-	-	-	-	-	-		
Contacts pour 100 points de lecture	238	234	302	266	356	406	434	388	332	323
Production kg MS/ha	2 120	950	2 300	2 200	1 790	2 200	1 650	1 310	1 965	1 665

* déterminés par planimétrie à partir de la photographie aérienne réalisée par l'I.G.N.

cadre métallique et répartis le long des lignes (5 par ligne) ayant servi à l'analyse floristique : ils ont été au nombre de 25 (5 x 5) pour le versant et de 5 pour le bas fond, soit au total 30 par parcelle échantillon (chapitre II).

La récolte est pesée sur le terrain à l'aide d'un peson (graduation par 20 g jusqu'à 1 kg, ou graduation par 50g de 1 à 2 kg). Les pesées ont été cumulatives pour les échantillons trop légers afin de limiter les erreurs. Les prélèvements furent ensuite séchés à l'étuve pour déterminer leur teneur en matière sèche puis exprimer les résultats en kg de matière sèche par hectare.

Les mesures étant faites pendant la saison sèche (décembre 1981 à février 1982 la première année, novembre 1982 la deuxième année), les résultats furent inférieurs à la production réelle de biomasse au stade floraison-fructification de l'année considérée. La diminution du stock de fourrage tout au long de la saison sèche fut d'ailleurs mesurée par répétition des prélèvements tous les deux mois après translation, d'un mètre environ, des placeaux.

b) Végétation ligneuse

La végétation ligneuse a été étudiée, sur les conseils de C. BAILLY du C.N.R.F. (I.S.R.A.), par des inventaires sur une bande matérialisée par le déplacement de 3 observateurs distants de 5 mètres. Tous les sujets étaient enregistrés par leur nom d'espèce, avec le diamètre du houppier pour les arbustes et buissons (par classe de 50 cm jusqu'à 2 m, par mètre au delà) et le diamètre du tronc pour les arbres. La méthode choisie permettait d'estimer la surface du sol couverte par la végétation arbustive et les effectifs par hectare de chaque catégorie de ligneux. Les observations ont été faites sur des lignes transversales séparées de 250 mètres environ. La superficie couverte (27 hectares) représentait 3,6 p.100 de la parcelle (figure 7.5).

VII.3.2 - Résultats

a) Composition floristique du couvert herbacé

Les résultats détaillés des relevés botaniques figurent dans le tableau 7.5 pour la première année et dans le tableau 7.6 pour la deuxième année. La composition floristique du pâturage n'a pas été étudiée à la fin de l'hivernage 1983.

Les espèces ont été regroupées par famille (graminées, légumineuses) et/ou en fonction de leur morphologie :

Tableau 7.6 - Composition botanique (contribution spécifique en p.100) du tapis herbacé de quatre types de parcours observés dans le parc expérimental de Doli (740 hectares) en 1982

	Parcours de zone rouge		Parcours de zone jaune		Parcours de zone verte		Parcours de zone blanche		Moyenne des 4 zones	
	Versant	Bas-fond 4p.100 de S	Versant	Bas-fond 4p.100 de S	Versant	Bas-fond 4p.100 de S	Versant	Bas-fond 4p.100 de S	Versant	Bas-fond
GRAMINEES	4	22	62	19	54	58	40	57	40	39
1/Andropogon pseudapricus			5	2	13	8	6	6	6	4
Aristida stipoides			+						+	
Ctenium elegans	+		6		4		6		4	
Diheteropogon hagerupii		+	1		+	+			+	+
2/Brachiaria sp.		+		+		13	2	9	+	5
Cenchrus biflorus		+	3	+	+		4		2	+
Cenchrus piriurii		1	11	+	3	2	5	1	5	1
Digitaria sp.		+	3	+	2	2	1	3	2	2
Pennisetum pedicellatum		11	+	+	+	15	1	2	1	7
3/Aristida mutabilis			1		+	+	1	2	1	1
Elionurus elegans	4	6	18	7	14	12	13	23	12	12
Eragrostis tremula		+	+		2	4	+	5	1	2
Schoenefeldia gracilis			8	5	9	2	+	5	4	3
4/Sporobolus sp.			+	2	+		+	+	+	1
Tragus sp.		1	4		5				2	+
Indét.					+				+	
PAPILIONACEES	72	22	12	24	2	20	22	17	27	21
5/Alysicarpus ovalifolius	12	1	3	4	2	4	3	2	5	2
Crotalaria sp.	4	5	+			1	1	5	1	3
Indigofera sp.	3	2	+	4		1	+	1	1	2
Zornia glochidiata	53	14	8	16	+	14	18	9	20	13
AUTRES FAMILLES	24	56	26	57	44	22	38	26	33	40
6/Blepharis linariifolia					+		+		+	
Merremia sp.	+	1	1	1	+		1	+	1	1
Spermacoce stachydea	20	23	17	29	32	16	31	19	25	22
Urginea indica										
Volubiles diverses	+	11	2	17	2	2	+	1	1	8
7/Cassia mimosoides	2		3	5			+		2	1
Cassia obtusifolia		11				3				3
Corchorus tridens	+	1	+	1			+	1	+	1
Fimbristylis hispida		6	2	2	7	+	5	4	3	3
Polycarpea linearifolia			1	2	1				1	+
Divers	+	3			+			1	+	1
Sol nu en p.100 de S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Contact pour 100 points de lecture	185	133	442	243	261	413	262	329	287	279
Production kg MS/ha	750	(1530)	1710	(2210)	1440	(2030)	1340	(2120)	1310	(1970)

- groupe 1 : graminées de grande taille souvent supérieure à 1 mètre, à feuilles peu développées et à tiges très grossières.
- groupe 2 : graminées de taille moyenne (50 à 80 cm) à feuilles larges et abondantes et à tiges grossières.
- groupe 3 : graminées de taille moyenne à tiges et feuilles fines.
- groupe 4 : graminées de petites tailles souvent gazonnantes.
- groupe 5 : légumineuses
- groupe 6 : autres familles herbacées présentant des organes appétibles (fruit, feuilles, tiges peu lignifiées...) lorsqu'elles sont à l'état sec.
- groupe 7 : autres familles herbacées ne présentant presque que des tiges très lignifiées en saison sèche.

Ces divisions peuvent paraître subjectives mais nous verrons qu'elles ne sont pas sans rapport avec l'étude du comportement alimentaire.

Nous ne commenterons que les observations réalisées sur les versants car, dans ce parc, les bas fonds, qui couvrent une très faible surface (4 p.100 du pâturage) (1), n'interviennent significativement dans l'alimentation que pendant une courte période, lorsque leur végétation est encore verte, alors que celle des versants est en phase de dessiccation.

En 1981 (tableau 7.5), les graminées représentaient 80 p.100 du couvert herbacé avec comme espèces les plus importantes : *Aristida mutabilis*, *Eragrostis tremula*, *Schoenefeldia gracilis* (groupe 3). Les graminées de grande taille (groupe 1) étaient plus abondantes dans les zones de pâturage éloignées du forage (zone verte : 21 p.100; zone blanche : 19 p.100) que dans les zones proches (zone rouge : 4 p.100; zone jaune : 13 p.100).

Inversement, le *Zornia glochidiata* était plus abondant dans la zone la plus fréquentée par les animaux (zone rouge : 19 p.100), alors que l'importance de *Spermacoce stachydea* décroissait suivant un gradient inverse dirigé vers le fond de la parcelle.

En 1982 (tableau 7.6), la part des graminées dans le couvert herbacé a beaucoup diminué, les zones rouge (4 p.100) et blanche (40 p.100) étant les plus affectées. Au total, en admettant que les différentes zones avaient des surfaces équivalentes, les graminées ne représentaient plus que 40 p.100 du couvert herbacé, soit la moitié de l'année précédente. Les graminées du groupe 1 (*Ctenium elegans*...) se sont maintenues, par contre, celles du groupe 2 (*Pennisetum pedicellatum*) ont beaucoup diminué et celles du groupe 3 (*Aristida mutabilis*, *Eragrostis tremula* et *Schoenefeldia gracilis*) ont presque totalement disparu. L'apparition cette année-là d'*Elionorus elegans* n'a pas com-

(1) déterminé par planimétrie à partir de photographies aériennes

Tableau 7.7 - Pluviométrie à Doli en 1981-1982 et 1983 et à Vindou Tiengoli en 1983

STATION - ANNEE	MOIS	JUIN			JUILLET			AOÛT			SEPTEMBRE			OCTOBRE			Pluies totales	Nombre jours
	DECADE	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
DOLI - 1981	-	-	-	35.6	51.0	12.0	42.1	107.2	6.3	96.4	40.1	37.8	-	10.2	4.7	-	443.4	33
DOLI - 1982	-	-	-	2.3	-	99.4	23.8	-	93.9	94.1	38.2	61.5	tr.	-	-	-	413.2	24
DOLI - 1983	-	68.5	31.5	7.2	30.6	-	114	0.5	83.6	84.9	43.7	9.7	23.9	-	-	-	498.1	16
VINDOU TIENGOLI-1983	-	-	-	-	54	29.5	2.4	104.7	39.7	4.5	13.2	-	12.7	-	-	-	260.7	15

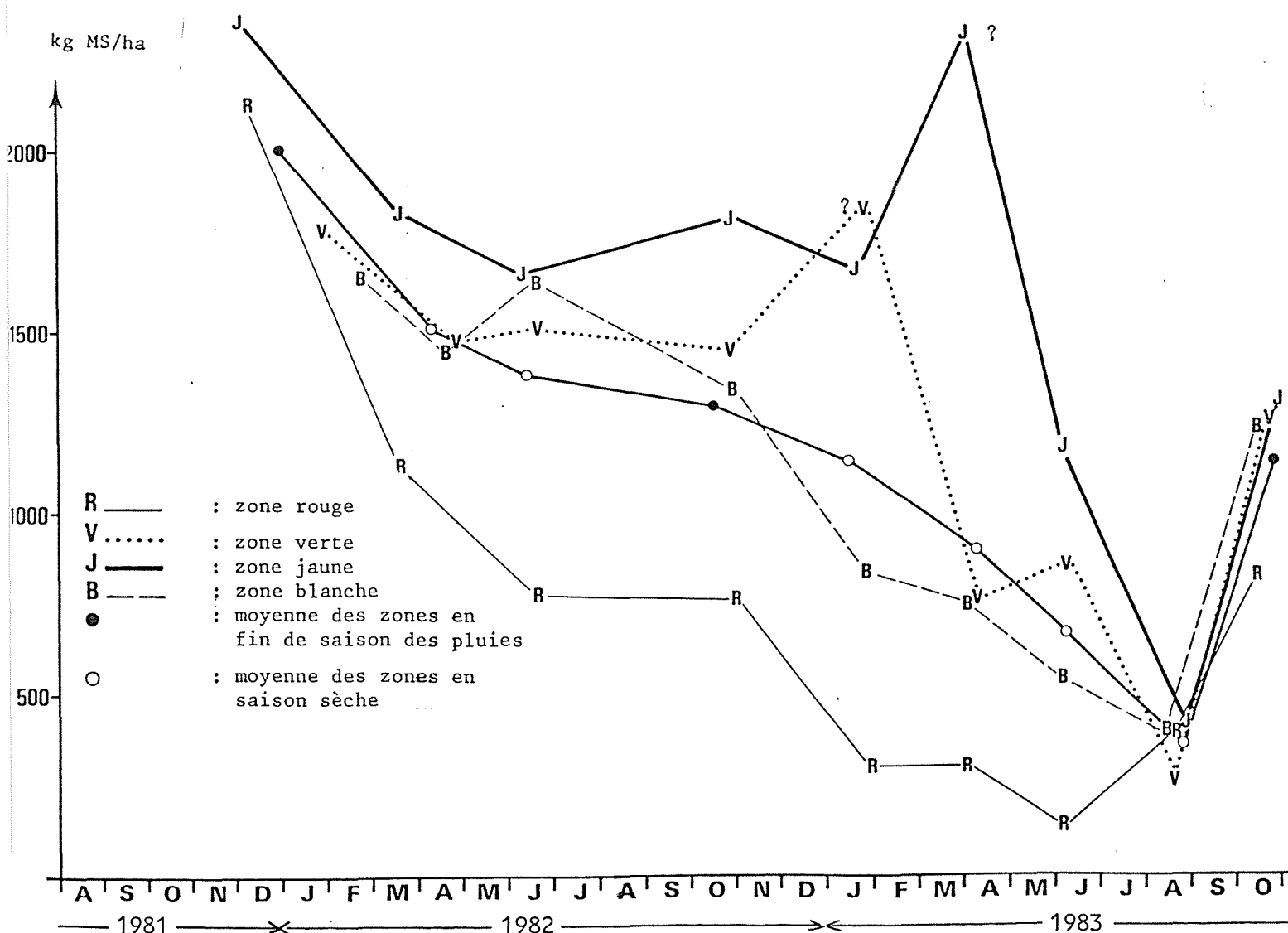


Figure 7.6 - Biomasse produite en fin de saison des pluies ou disponible sur les pâturages de la parcelle Ndiaga IIa du ranch de Doli de 1981 à 1983

pensé quantitativement la régression des autres graminées.

Les deux principales espèces qui ont eu un essor important en 1982 sont *Zornia glochidiata*, dont la très forte densité aux abords du forage (53 p.100) diminuait rapidement quand on s'éloignait de celui-ci ("signalé" au fond du parc, en zone verte) et *Spermacoce stachydea* dont la répartition était plus régulière (17 à 32 p.100).

La modification de la composition floristique des pâturages de Doli entre 1981 et 1982 est due à un régime des pluies (pluies tardives précédées de quelques pluies irrégulières - Tableau 7.7) particulièrement favorable aux espèces à graines dures et à germination lente (*Zornia glochidiata*, *Spermacoce stachydea*, *Elionorus elegans* - BOUDET 1983). Inversement, les plantules des espèces à germination rapide (celles qui étaient abondantes en 1981 : *Aristida mutabilis*...) ont séché entre les premières pluies trop espacées.

Zornia glochidiata et *Spermacoce stachydea* sont considérées comme des espèces indicatrices de la dégradation des parcours (BOUDET 1983); notre étude était à trop court terme pour permettre de discuter cette hypothèse, mais nous verrons que ces plantes tendent à améliorer la valeur nutritive des pâturages, particulièrement en saison sèche.

b- Productivité du couvert herbacé et évolution du stock de fourrage en saison sèche (figure 7.6)

La moyenne des 25 mesures a été faite pour le versant de chaque parcelle échantillon et pour chaque coupe. La végétation étant hétérogène, quoique moins qu'à Vindou Tiengoli, nous avons adopté, le changement de variable préconisé par BOUDET (1983).

$$X' = \sqrt{X + 1}$$

Cette transformation entraîne une diminution de la valeur des moyennes qui peut être compensée par la correction :

$$X = X'^2 - 1 + \frac{n-1}{n} s'^2$$

Avec cette méthode la quantité moyenne de fourrage disponible sur chaque secteur (rouge, etc...) a été estimée avec un taux d'imprécision compris entre 5 et 11 p.100 en début de saison sèche atteignant dans certains cas 17 p.100 en fin de saison sèche. Le taux d'imprécision est plus élevé pour les biomasses les plus faibles comme l'ont déjà signalé BREMAN et al (1982).

La productivité des pâturages en 1981, estimée par défaut, de décembre 1981 à février 1982, a été de l'ordre de 2 000 kg de matière sèche par hectare, le fourrage était réparti assez régulièrement sur l'ensemble de la parcelle.

Tableau 7.8 - Description du couvert ligneux de la parcelle expérimentale de Doli (750 hectares) à partir d'un sondage sur 3,6 p.100 de la surface de la parcelle (27 hectares)

Familles (type)	Espèces	Buissons et arbustes		Arbres		Effectif par espèce en p.100 du peuplement (B) + (C)		
		diamètre		houppier			diamètre tronc	
		< 50 cm	(A)	> 50 cm	(B)		> 10 cm	(C)
		effectif par 100 hectares						
COMBRETACEAE	Anogeissus leiocarpus			7		4	0,03	
	Combretum glutinosum	1 337		2 737		126	9,07	
	Combretum micranthum	37		115			0,36	
	Combretum nigricans	470		478		19	1,57	
	Guiera senegalensis	27 500		26 800			84,92	
	Terminalia avicennoides	4		159			0,50	
Total Combretaceae		29 348		30 316		149	96,54	
MIMOSACEAE (épineux)	Acacia macrostachya	33		37			0,11	
	Acacia senegal			4			0,01	
	Dichrostachys glomerata	22		152		18	0,54	
ZYGOPHYLLACEAE (épineux)	Balanites aegyptiaca	4		15		11	0,08	
Total épineux		59		208		29	0,75	
ANACARDIACEAE	Lannea acida			26		67	0,29	
	Sclerocarya birrea					7	0,02	
BIGNONIACEAE	Stereospermum kunthianum	4		70			0,22	
BOMBACACEAE	Adansonia digitata					22	0,07	
	Bombax costatum			48		100	0,47	
CAPPARIDACEAE	Maerua angolensis	4		15			0,05	
	Maerua oblongifolia	4						
PAPILIONACEAE	Pterocarpus erinaceus			4			0,01	
RUBIACEAE	Feretia apodanthera	70		104			0,33	
STERCULIACEAE	Sterculia setigera					39	0,10	
TILIACEAE	Grewia bicolor	30		126			0,40	
ZYGOPHYLLACEAE	Balanites aegyptiaca	7		26			0,08	
Indéterminées		22		207			0,66	
Total divers		141		726		229	2,71	
TOTAL GENERAL		29 548		31 150		407	100	

Au cours de la saison sèche, 600 kg de matière sèche par hectare, partiellement consommés par le bétail, ont disparu sur le parcours. Cette moyenne masque une grande hétérogénéité de l'exploitation due à la tendance des animaux à rester aux abords des abreuvoirs pendant une grande partie de la journée : le taux de disparition de la biomasse a été de 65 p.100 pour la zone rouge, de 30 p.100 pour la zone jaune et de 15 p.100 pour la zone verte plus éloignée (de janvier à juin).

La production de 1982, mesurée en octobre, a été à la fois plus faible (1 400 kg, environ, de matière sèche par hectare) et plus irrégulière (750 kg en zone rouge - 1 900 kg en zone jaune), ce qui est à rapprocher de l'hétérogénéité de la composition floristique et probablement de celle de la pression de pâturage pendant la saison des pluies.

Par contre, les ressources fourragères ont été exploitées d'une façon plus homogène pendant la saison sèche 1982-1983 : les troupeaux ont été systématiquement conduits chaque matin au fond de la parcelle et retenu sur place pendant plusieurs heures avant leur retour progressif pour l'abreuvement et la complémentation. Cette pratique a permis une consommation plus régulière, comme le montrent les taux de disparition des fourrages calculés entre novembre 1982 et juin 1983.

- zone rouge : 80 p.100 (750 kg MS/ha en début de saison sèche)
 - zone jaune : 37 p.100 (1 900 kg MS/ha en début de saison sèche)
 - zone blanche : 60 p.100 (1 300 kg MS/ha en début de saison sèche)
 - zone verte : 48 p.100 (1 600 kg MS/ha en début de saison sèche).

La quantité de fourrage disparue pendant la saison sèche était comprise, pour les différentes zones, entre 600 et 800 kg de matière sèche par hectare dont 250 ont effectivement été consommés par les animaux (1), le reste ayant été détruit par d'autres facteurs (vent, termites, piétinement...)

La production de la saison des pluies 1983 a été de 1 150 kg de matière sèche par hectare, en diminution par rapport à celle des années précédentes malgré une pluviométrie totale (498 mm) supérieure mais mal répartie : 100 mm les 20 et 21 juin, puis 30 mm le 12 juillet et 52 mm le 2 août.

c- La végétation ligneuse (tableau 7.8)

L'essentiel du peuplement est constitué par des Combretacées (96 p.100 des 305 sujets, de plus de 50 cm, présents par hectare) : le *Guiera senegalensis* (268 sujets par hectare - recouvrement de 4 p.100 de la surface) est responsable de l'embroussaillage d'une partie du parc; les autres espèces de la même famille (*Combretum glutinosum*, *Com-*

(1) d'après la norme classique suivant laquelle une U.B.T. ingère 6,25 kg de matière sèche/jour (BOUDET 1978). Dans ce cas, pour une charge de 7 ha/UBT : matière sèche consommée en saison sèche (soit 280 jours) : $\frac{1}{7} \times 6,25 \times 280 = 250$ kg.

Tableau 7.9 : Données récapitulatives sur la végétation des pâturages étudiés

	Pluviométrie		Production kg MS/ha	Végétation herbacée			Végétation ligneuse		
	nbre jours	pluies totales mm		Composition botanique en p.100			Peuplement en nombre de sujets par hectare		
				Graminées	Légumineuses	Autres herbacées	Combrétacées	Epineux	Divers
Tessekré 1980-1981	21	380	700 à 1000	83	9	8	8	2	102
Doli 1981-1982	33	443					82 p.100 de Guiera senegalen- sis		
- zone rouge			2120	73	23	4			
- zone jaune			2300	86	2	12			
- zone blanche			1650	71	14	15			
- zone verte			1790	86	2	12			
- moyenne des 4 zones			1965	79	10	11	305	3	11
Doli 1982-1983	26	404							
- zone rouge			750	4	72	24			
- zone jaune			1790	62	12	26			
- zone blanche			1340	40	22	38			
- zone verte			1440	54	2	44			
- moyenne des 4 zones			1310	40	27	33	305	3	11
Vindou Tiengoli 1982-1983	15	207	600	8	9	8	3	13	28

Tableau 7.10 - Indices de communauté (1) dans les différents types de pâturages étudiés à Doli et Vindou Tiengoli (DIENG 1986)

1a	
1c	1b
1d	

- 1 : indice de communauté de JACCARD
n : entre les zones de Doli en 1981-1982
b : entre les zones de Doli en 1982-1983
c : entre les pâturages des 2 années à Doli
d : entre les pâturages de Doli et ceux de Vindou

	DOLI							
	1981-1982				1982-1983			
	Zone rouge	Zone jaune	Zone blanche	Zone verte	Zone rouge	Zone jaune	Zone blanche	Zone verte
DOLI								
1981-1982								
Zone rouge								
Zone jaune	64							
Zone blanche	67	61						
Zone verte	52	65	68					
1982-1983								
Zone rouge	26	13	32	17				
Zone jaune	55	50	52	41	26			
Zone blanche	52	55	65	53	29	52		
Zone verte	36	52	48	50	18	58	40	
VINDOU								
1982-1983	32	30	31	20	10	32	24	26

bretum nigricans, *Combretum micranthum*) ont une densité de 55 sujets par hectare. Au total, il s'agit d'un peuplement arbustif avec de rares arbres : les troncs ayant un diamètre supérieur à 10 cm ne sont qu'au nombre de 4 par hectare. Le bois mort est abondant comme l'avaient déjà signalé CORNET et POUPON en 1977.

Conclusion :

Les strates herbacées des pâturages étudiés de 1981 à 1983 étaient très différentes par leur production (2000 à 600 kg de matière sèche par hectare) et leur composition botanique (tableau 7.9). Les indices de communauté (chapitre II) calculés par DIENG (1986) reflètent cette diversité aussi bien d'un pâturage à l'autre que d'une année à l'autre (tableau 7.10) : les secteurs jaune, vert et blanc (cf p. 86) de Doli en 1982 étaient intermédiaires entre les pâturages de Tessekré Vindou Tiengoli et Doli en 1981 à prédominance de graminées et le secteur rouge de Doli en 1982 qui portait 72 p.100 de légumineuses.

Le couvert ligneux différencie également ces parcours : les Combrétacées dominent à Doli ; à Tessekré et Vindou Tiengoli, au contraire, les espèces sont très diversifiées si bien que leurs croissances foliaires n'étant pas simultanées, les animaux disposent toute l'année ou presque de feuillage et de fruits.

L'exploitation de ces parcours a été telle que les disponibilités moyennes en fourrages sur les circuits de pâturage quotidiens ont toujours été supérieures à 400 kg de matière sèche par hectare.

Les mesures effectuées à Vindou Tiengoli ont montré l'effet de la charge sur l'évolution des surfaces dénudées au cours de la saison sèche ; le meilleur gardiennage des animaux à Doli en 1982 a entraîné une exploitation plus homogène des ressources fourragères qu'en 1981.

Les mesures simultanées de la charge et de la biomasse disparue au cours de la saison sèche permettent de déterminer un ordre de grandeur de la consommation de fourrage et de sa disparition naturelle. La collecte de ces données dans des conditions d'exploitation variées devrait permettre de préciser quantitativement les modèles théoriques proposés par MILLEVILLE et al (1982). Il ressort de cette étude et des figures 7.7 et 7.8 qu'en l'absence d'une gestion centripète des parcours (BOUDET 1984 - figure 7.9) leur exploitation est d'autant plus homogène que les animaux effectuent de longs déplacements.

Les méthodes qui ont servi à décrire les pâturages sont celles habituellement utilisées dans les études de productivité ou de phytosociologie. Même appliquées à des surfaces réduites (200 à 700 hectares) en regard des territoires exploités par le cheptel de l'élevage traditionnel, elles étaient lourdes sans toutefois permettre d'appréhender l'utilisation effective du pâturage comme y sont parvenus FAVRE (1978), SQUIRES et SIEBERT (1983) ou BALENT et GIBON (1986) qui ont pu mesurer la production végétale et la charge par unité de surface et par type de végétation. Il est donc indispensable, pour de nouvelles études sur

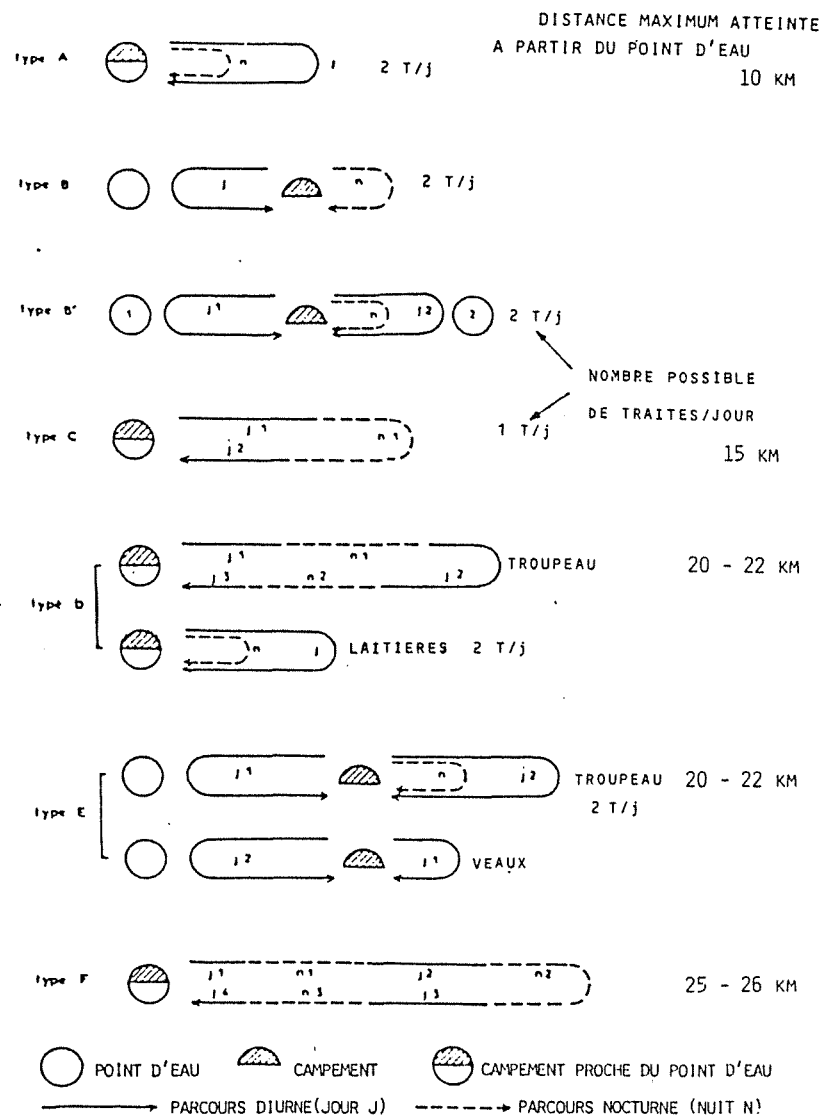


Figure 7.7 : Rythmes quotidiens des déplacements des troupeaux bovins observés au Burkina-Faso

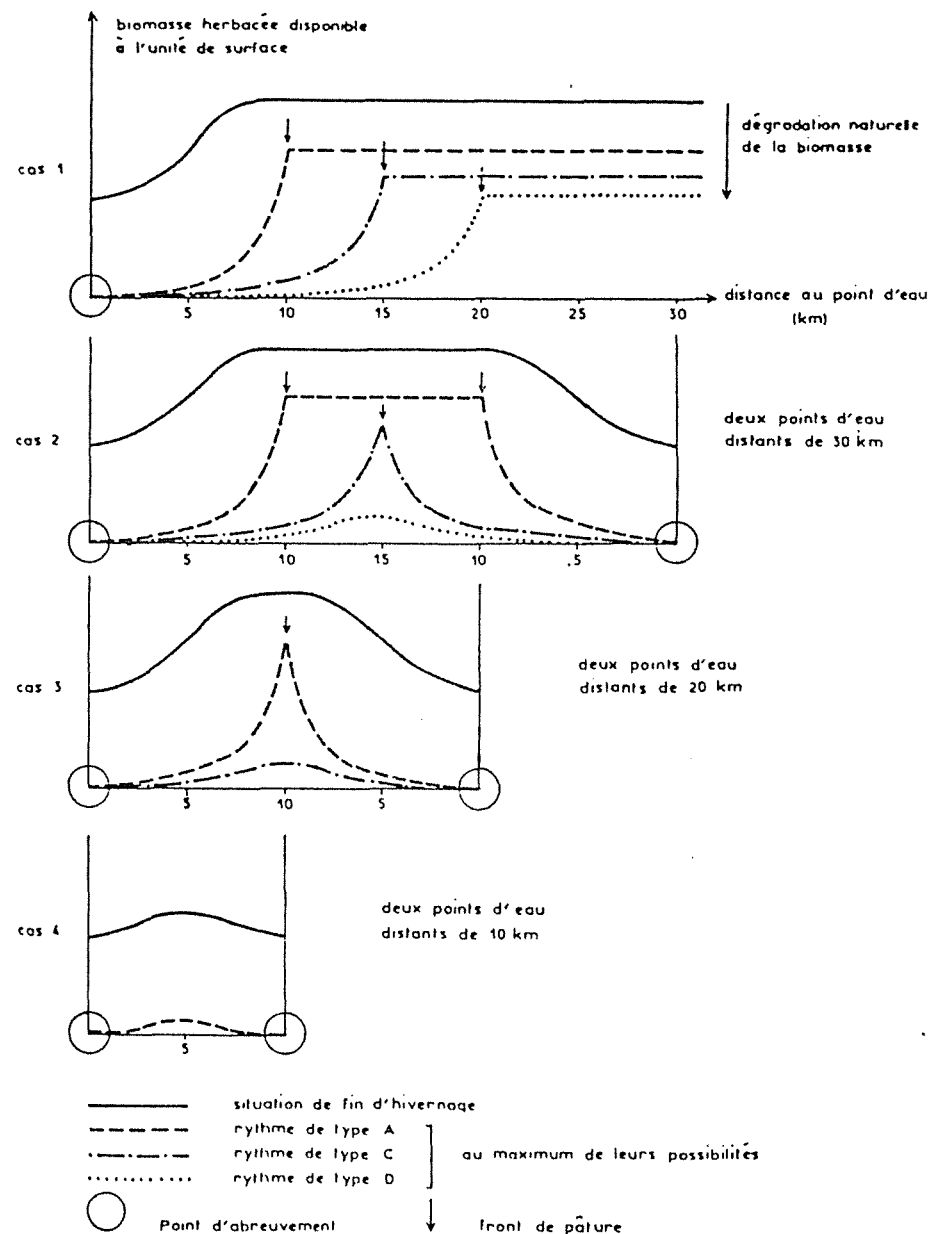
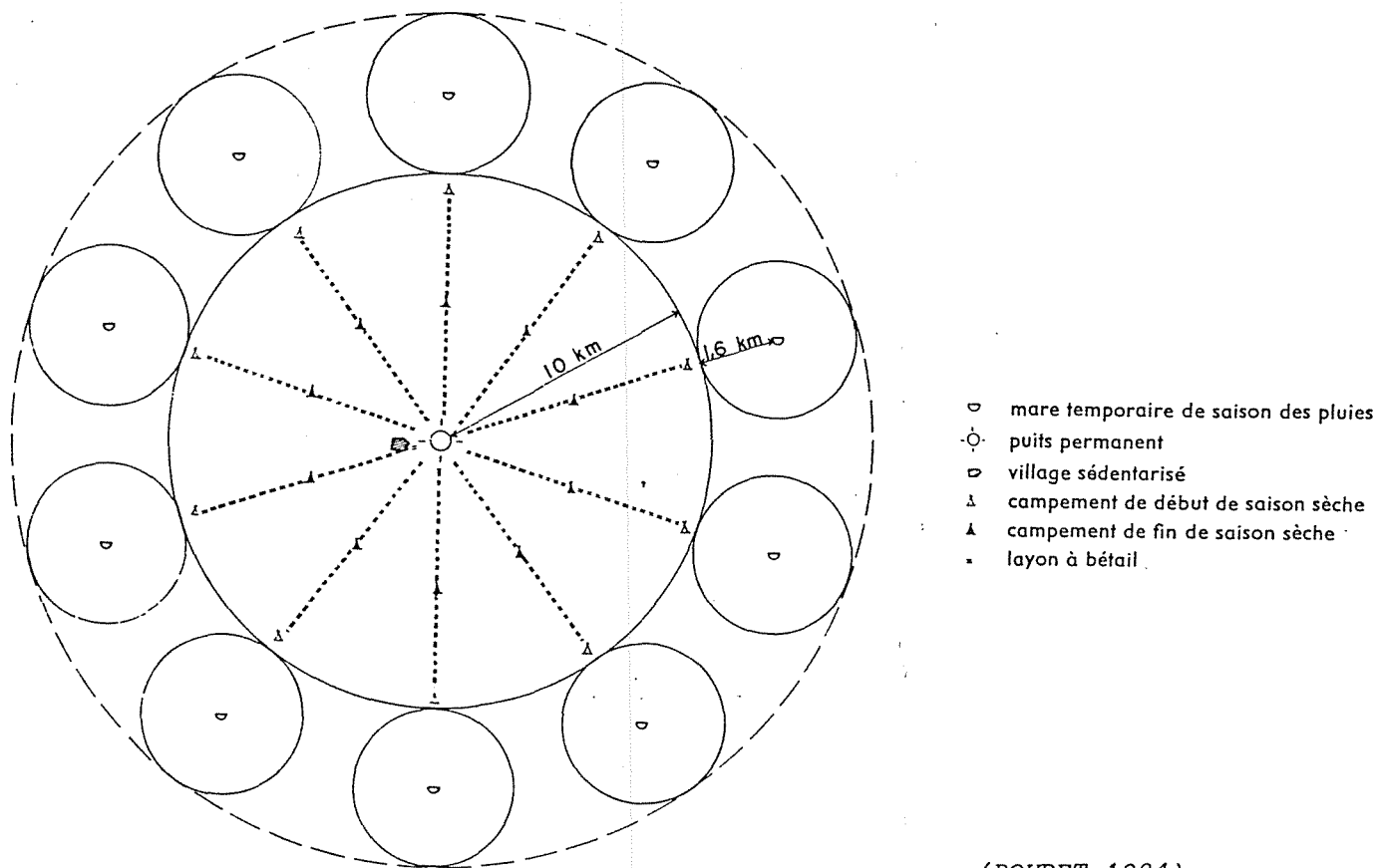


Figure 7.8 : Schéma théorique d'évolution du disponible fourrager en saison sèche en fonction du rythme adopté et de la distance au point d'eau (MILLEVILLE et al 1982)



(BOUDET 1984)

Figure 7.9 : Aménagement du terroir sahélien

l'interface "animal-végétation", de mettre au point une méthode d'étude des pâturages sahéliens plus adaptée au suivi alimentaire du cheptel. De nouveaux protocoles devraient être guidés par le souci de caractériser d'une part les ressources fourragères disponibles sur le territoire étudié (quelles que soient ses dimensions) et d'autre part celles qui sont effectivement utilisées par le cheptel. Pour le deuxième aspect, les observations et leur interprétation ne seraient alors plus relatives à des surfaces, mais à des circuits de troupeaux assimilés dans ce cas à des transects.

Nous avons testé (DIENG 1986) une possibilité d'alléger l'évaluation de la quantité de fourrage disponible en comparant les résultats de mesure directe de la biomasse à la production estimée en fonction de l' "indice de Pluies Utiles" et des équations établies par BOUDET (1983) (figure 7.10) pour les pâturages à faible, moyenne ou forte potentialité de zone sahélienne.

Le tableau 7.10 résume les résultats obtenus par cette méthode :

- les estimations relatives à Doli en 1981 et 1982 sont proches des résultats obtenus sur le terrain.

- les précipitations reçues par les pâturages de Vindou Tiengoli et Doli en 1983 sont respectivement plus faibles (207 mm) et plus élevées (498 mm) que dans les cas précédents. De plus, les pluies y ont cessé (moins de 5 mm pour 5 jours) pendant des périodes supérieures ou égales à 10 jours ce qui a entraîné des "ruptures de cycle de végétation". L'interprétation de ces ruptures de cycle (arrêt de végétation puis reprise de la croissance-ou-arrêt, destruction de la végétation en place et nouveau cycle) fait varier le calcul de l'IPU de Doli en 1983 de 275 à 250 mm. Avec la première valeur (275), l'IPU

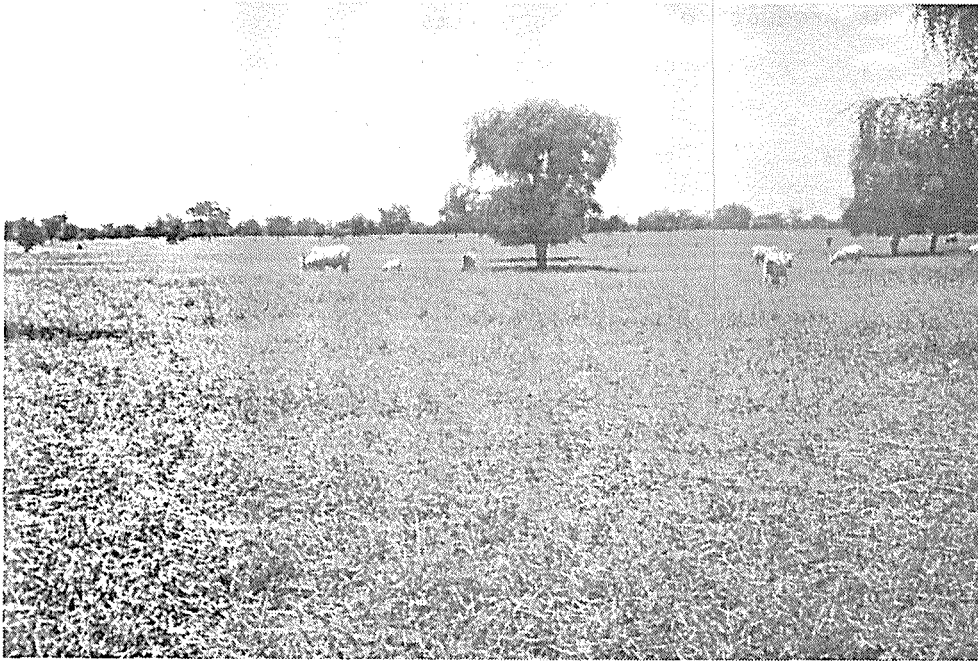


Photo 7.3 - Pâturage sahélien
en saison des pluies
(Cliché FRIOT 1982)



Photo 7.4 - Pâturage sahélo-
soudanien en milieu de saison
sèche
(Cliché FRIOT 1982)

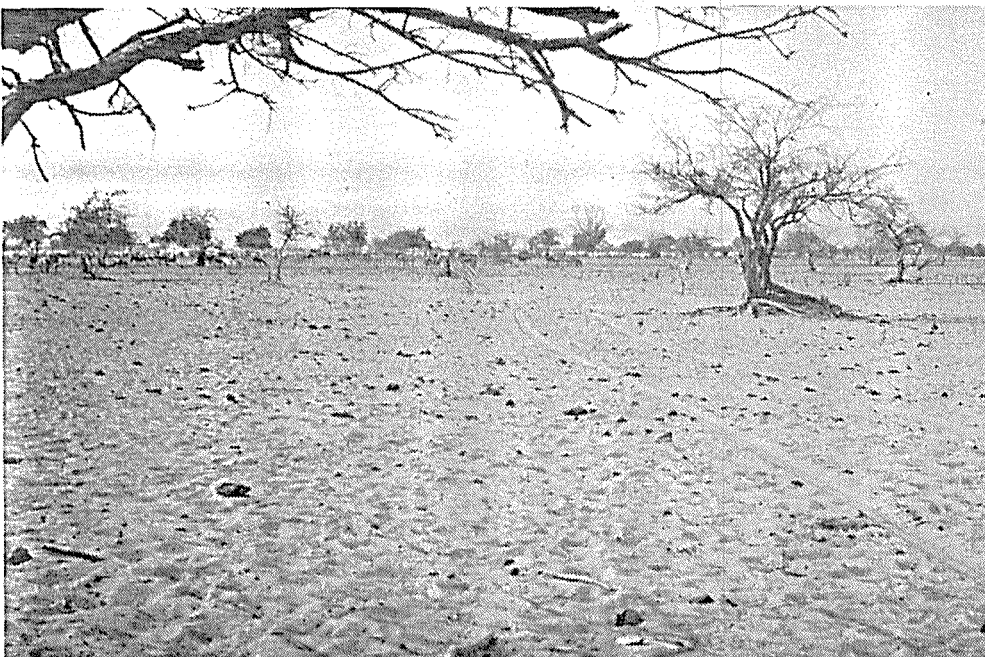
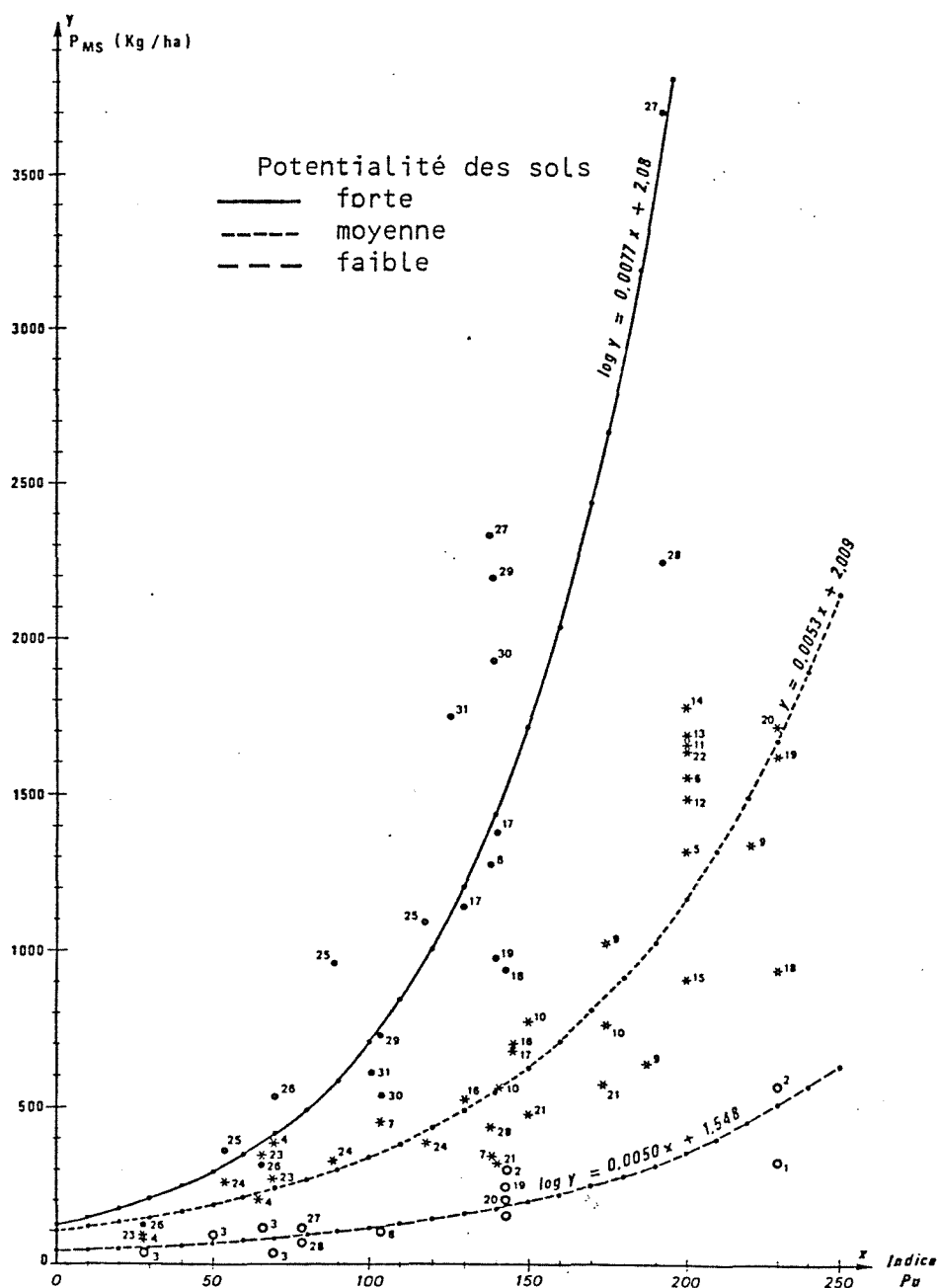


Photo 7.5 - Abords d'un forage
sahélien en fin de saison sèche
(surpâturage et passage de
troupeaux)
(Cliché FRIOT 1982)

Figure 7.10 : Corrélations production - pluies utiles



(BOUDET 1983)

Tableau 7.10 - Estimation de la production de biomasse herbacée en fonction de l'indice des pluies utiles (IPU);- Comparaison à la mesure directe sur placeaux

	Pluies totales mm	Rupture de cycle		IPU	Production estimée * (kg MS/ha)	Production mesurée sur placeaux
		Stade	Durée			
DOLI 1981	433	fin de cycle	-	244	2 000	2 000
DOLI 1982	411	25j	5j	205	1 250	1 300
DOLI 1983	498	30j	10j	250	2 150	1 150
VINDOU 1982	207	70j	10j	76	256	600

* Parcours à potentialité moyenne

(par A.DIENG 1986)

étant supérieur à la limite pour laquelle la relation est applicable, aucune estimation n'est possible. Même avec la deuxième valeur, la production estimée est nettement supérieure à celle mesurée sur le terrain. Inversement pour Vindou, l'IPU entraîne une sous-estimation de la production.

L'application de ces équations doit donc être guidée par des observations qualitatives pendant la saison des pluies et sans doute par une classification plus détaillée des pâturages suivant leurs potentialités faisant appel aux cartes pédologiques et à la planimétrie.

Enfin, il aurait été intéressant de comparer les productions de biomasse mesurée ou estimée à celle indiquée par les cartes de productivité issues de l'interprétation des photographies satellites (ISRA/FAO/PNUE) ; malheureusement, le ranch de Doli n'était pas couvert par ce programme.

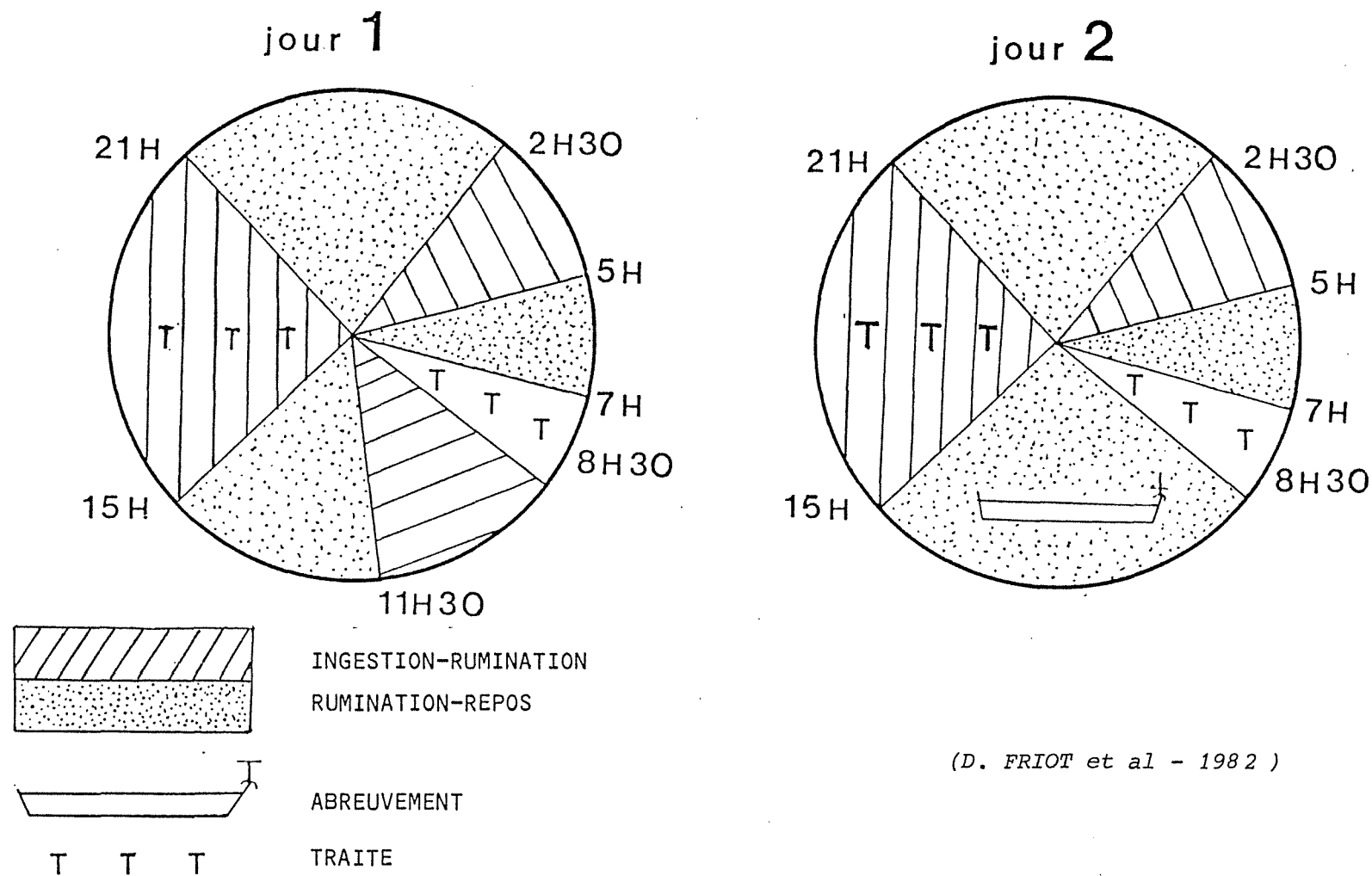


Figure 8.1 - Activités d'un troupeau traditionnel de zébus en saison sèche chaude, abreuvé un jour sur deux : déplacements du pâturage au campement deux fois par jour et du pâturage au forage une fois tous les deux jours

CHAPITRE VIII

LE COMPORTEMENT ET LES CHOIX ALIMENTAIRES DE RUMINANTS DOMESTIQUES (BOVINS - OVINS - CAPRINS) SUR LES PATURAGES SAHELIENS ET SAHELO-SOUDANIENS

INTRODUCTION : Comportement général des troupeaux

L'élaboration d'un protocole d'étude du comportement alimentaire repose sur une connaissance minimale du mode de conduite et du comportement général du cheptel.

A cette fin, nous avons interrogé les éleveurs de Tessekré sur les habitudes de leur troupeau.

La figure 8.1 décrit les activités des bovins en saison sèche, période durant laquelle 90 p.100 des bovins, 80 p.100 des ovins et 60 p.100 des caprins sont abreuvés tous les deux jours (MEYER 1980).

Le jour sans abreuvement, les animaux partent sur le pâturage après l'allaitement des veaux et la traite aux environs de 8 h 30. Au cours de la matinée, après un grand repas, se succèdent des périodes de rumination et d'ingestion puis, au milieu de la journée, commence une période de repos durant laquelle les animaux ruminent ou dorment jusqu'aux environs de 15 ou 16 heures. La fin de l'après-midi est consacrée, comme le matin, à l'ingestion d'un grand repas suivi de brèves périodes de rumination et de la traite du soir. Après celle-ci, le troupeau repart au pâturage. Vers 21 heures, les zébus reviennent dans le campement qu'ils quittent de nouveau aux environs de 2 heures du matin pour un repas nocturne jusque vers 5 heures. A partir de 5 heures, les vaches attendent la traite, puis, celle-ci terminée, le troupeau se dirige vers le forage, où le plus souvent un berger le précède, pour s'abreuver, en général en deux fois ; il s'y repose jusque vers 14-15 heures, heure à laquelle les animaux reviennent à leur pâturage. Les activités de la soirée et de la nuit sont identiques à celles du premier jour.

Ce programme général peut être nuancé et complété dans sa description : le repas nocturne peut débuter plus tard dans la nuit (4 heures : MEYER 1980) ou disparaître en saison sèche froide. La durée d'ingestion est de 8 h 30 les jours avec abreuvement et de 7 h 30 les jours sans abreuvement (PIOT et al 1980). Les veaux ne suivent pas les vaches au pâturage : ils sont attachés à des piquets jusqu'à la fin de la traite qui est faite en leur présence, puis divaguent aux alentours du campement pendant la journée.



Photos 8.1 et 8.2 - Abreuvement, approvisionnement en eau et repos au forage de Tessekré
(Cliché FRIOT 1982)

En hivernage et en début de saison sèche, l'abreuvement se faisant dans les mares temporaires, les déplacements sont moins nombreux ; d'ailleurs, leurs rythmes, fonction de la position du campement et de la distance des zones de pâturage par rapport au forage, peuvent être beaucoup plus variés (figure 7.7, MILLEVILLE et al 1982, au Burkina Faso).

Les déplacements des petits ruminants, presque toujours accompagnés par un berger, sont également réglés par le rythme d'abreuvement mais, à la différence des bovins, ils sont enfermés dans des parcs pour la nuit (de 19 heures le soir à 7 heures le matin).

VIII.1 - ETUDE DES RYTHMES D'ACTIVITE DES ANIMAUX EXPERIMENTAUX

VIII.1.1. - Méthodes

a) Mode de conduite des troupeaux expérimentaux

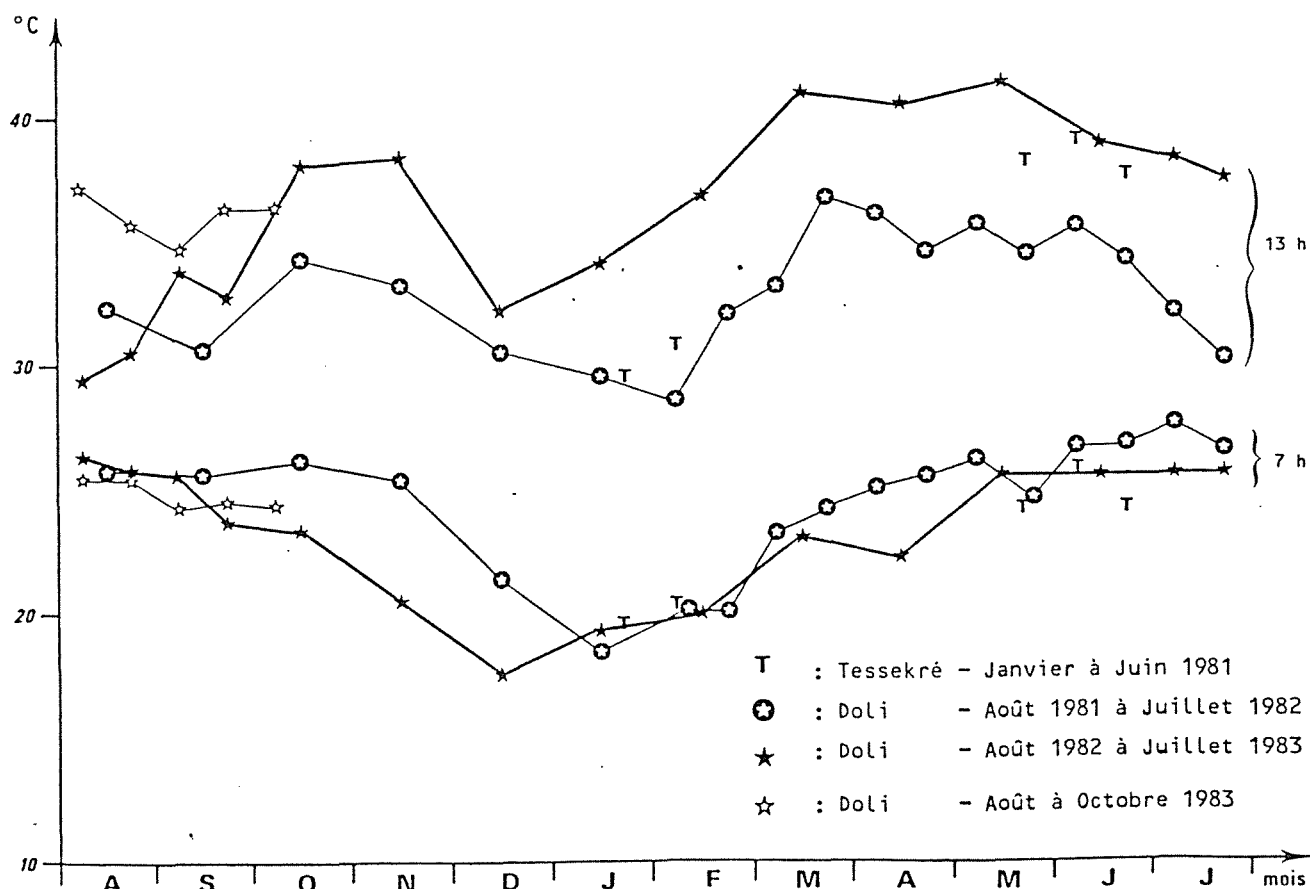
Les animaux expérimentaux dont certains étaient fistulés ou porteurs de sacs de récolte des fèces devaient être surveillés en permanence et effectuer des déplacements plus nombreux pour permettre les mesures et les prélèvements, de fèces en particulier. Les horaires de pâturage ont donc dû être modifiés par rapport au rythme traditionnel. En particulier, le repas nocturne de 2 heures du matin a été supprimé. Par contre, le troupeau expérimental était conduit au pâturage à partir de 4h - 4h30 le matin jusqu'à 21h 21h30 le soir, le temps de séjour sur les parcours était donc équivalent à celui des autres troupeaux pour les bovins et supérieur pour les petits ruminants. En effet, pour limiter les coûts de main d'oeuvre, nous avons réuni les bovins et les ovins en un seul troupeau ce qui n'est pas le cas chez les éleveurs de la région ; cette pratique offrait en plus l'avantage de permettre la comparaison des comportements des deux espèces exploitant simultanément les mêmes parcours.

A Tessékéré, les animaux expérimentaux ont bu, soit tous les jours, soit tous les deux jours. A Doli, par contre, l'abreuvement des animaux du ranch étant libre, certains troupeaux s'abreuvent jusqu'à trois fois par jour. Le troupeau expérimental passait deux fois dans la journée à côté des abreuvoirs, certains animaux buvaient une fois par jour, d'autres deux fois. Il en est de même dans la station d'élevage de Vindou Tiengoli où les animaux disposaient d'un abreuvoir par parcelle de 200 hectares. Mis à part le rythme d'abreuvement, les horaires de pâturages des troupeaux de la station de Vindou Tiengoli sont identiques à ceux des troupeaux de l'extérieur, par contre, les déplacements sont réduits au minimum.

Tableau 8.1 - Durée d'ingestion et de rumination des bovins et ovins exploitant les pâturages naturels de Tessékéré et Doli

	BOVINS			OVINS		
	HIV	SSF	SSC	HIV	SSF	SSC
<u>Ingestion</u>						
- Durée totale/24 h						
n	10	15	9	13	11	9
\bar{x}	8h07mn	8h41mn	8h35mn	8h31mn	8h45mn	9h17mn
s	93 mn	75mn	84mn	89mn	56mn	85mn
- Part de l'ingestion de jour (de 8 h à 18h) en p.100						
n	8	15	9	13	11	9
\bar{x}	74.5	66.1	55.9	70.3	65.0	59.2
s	3.9	9.1	4.5	6.9	8	5.2
<u>Rumination</u>						
- Durée totale/24h						
n	8	10	6	13	8	9
\bar{x}	7h08mn	7h42mn	7h29mn	5h46mn	7h28mn	6h54mn
s	59	47	55	123	68	83

Figure 8.2 - Moyennes mensuelles des températures relevées à 7h et 13h à Tessekré et Doli (de janvier 1981 à octobre 1983)



b) Enregistrement des activités d'ingestion et de rumination

Ne disposant pas de matériel d'enregistrement du comportement alimentaire, nous avons procédé à l'observation visuelle des bovins et des petits ruminants.

Les observations consistaient à dénombrer, tous les 1/4 d'heure, le nombre d'animaux de chaque espèce en train d'ingérer, de ruminer ou en repos alimentaire. Les résultats de chaque observation étaient extrapolés au 1/4 d'heure qui précédait et le temps consacré à chaque activité était exprimé en minutes par heure ou par jour ou en p.100 du temps (DICKO 1980). Par exemple :

Résultats d'observations sur une heure :

heure	Nombre de moutons par activité			Total
	Ingestion	Rumination	Repos Déplacement	
11h15	8	0	4	12
11h30	7	1	4	12
11h45	8	2	2	12
12h	6	4	2	12
Total	29	7	12	48

Interprétation :

Activités des moutons de 11 h à 12 heures

$$\text{ingestion} = \frac{29 \times 100}{48} = 60 \text{ p.100 du temps soit } 36 \text{ minutes/heure}$$

$$\text{rumination} = \frac{7 \times 100}{48} = 15 \text{ p.100 du temps soit } 9 \text{ minutes/heure}$$

$$\text{repos ou déplacement} = \frac{12 \times 100}{48} = 25 \text{ p.100 du temps soit } 15 \text{ minutes/heure}$$

Les résultats ont été traités globalement sur 24 heures et par tranches horaires avec, par convention :

- de 8 h à 18 heures : activités de jour (heures chaudes)
- de 0 h à 8 heures et de 18 h à 24 h : activités de nuit (heures fraîches).

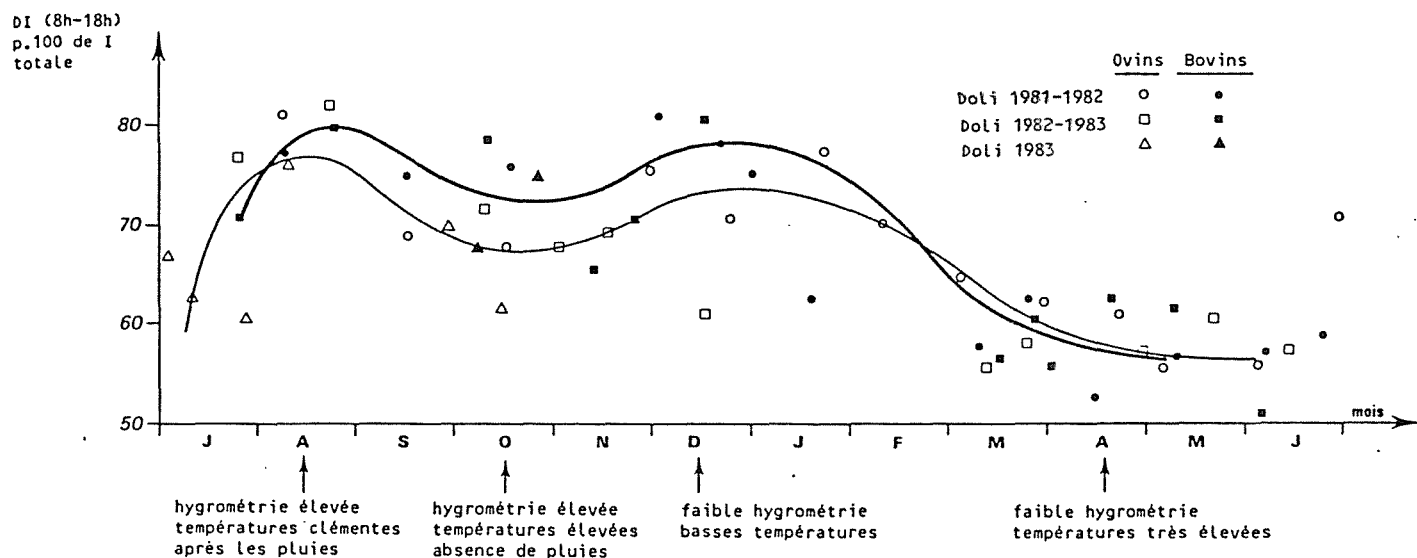


Figure 8.3 - Durée relative des repas de jour (DI de 8h à 18h) en pourcentage de la durée totale d'ingestion des bovins et des ovins exploitant les pâturages de Tessekré et Doli : effet de la saison

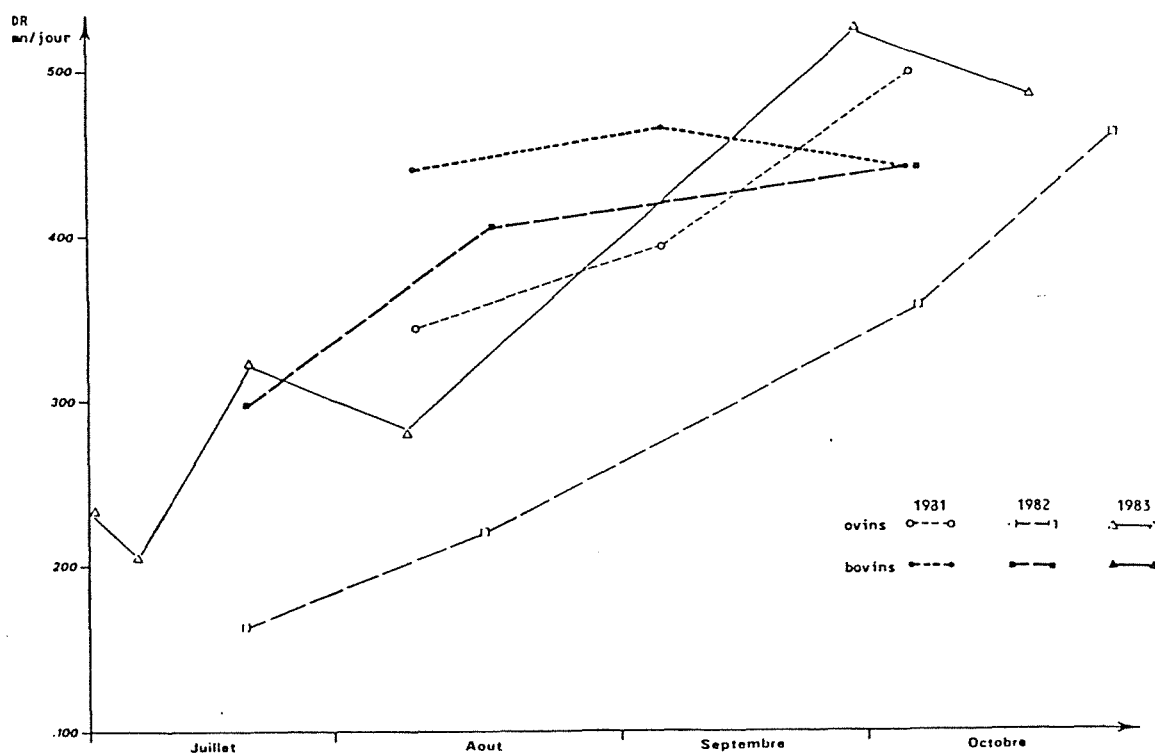


Figure 8.4 - Durée de rumination (DR) des bovins et des ovins au pâturage en saison des pluies à Doli

Les mesures ont été faites sur le troupeau expérimental (8 à 20 moutons, 7 à 15 zébus) de juin 1981 à octobre 1983 au cours de 34 cycles de 24 heures. Le troupeau parcourait 6 à 12 kilomètres par jour.

VIII.1.2. - Résultats

a) Ingestion (Tableau 8.1 - Figure 8.3)

La durée d'ingestion est en moyenne de 8 h 30 mn pour les bovins et de 8 h 50 mn pour les moutons. Ces valeurs, non significativement différentes entre elles, sont proches de celles estimées par PIOT et al (1980) et SHARMAN et GNING (1983), mais supérieures à celles estimées dans certains systèmes agropastoraux (GUERIN et al 1986b) où les animaux sont soumis à la garde d'un berger pendant une grande partie de l'année et retenus par des piquets ou dans des parcs, pendant la nuit et une partie de la matinée jusqu'à la fin de la traite.

La durée d'ingestion est plus courte, mais non significativement, en hivernage lorsque le fourrage est abondant et de bonne qualité et elle a tendance à s'allonger pour les petits ruminants en fin de saison sèche.

La part de l'ingestion qui a lieu de jour (de 8 h à 18 h), exprimée en pourcentage de la durée quotidienne d'ingestion, varie au cours des saisons. Elle est minimale en saison sèche chaude (figure 8.3) : les animaux soumis aux fortes températures (de l'ordre de 40°C entre 13 et 15 heures) ont tendance à plus se reposer au milieu de la journée et, par compensation, augmentent leur activité d'ingestion en début et fin de journée et pendant la nuit.

De ce point de vue, les variations saisonnières sont plus fortes pour les bovins (75 à 56 p.100) que pour les moutons (70 à 60 p.100).

On retiendra que tout au long de l'année, une fraction comprise entre 25 et 45 p.100 de la ration totale est ingérée entre 18 heures le soir et 8 heures le matin, ce qui montre l'intérêt du pâturage de nuit et les inconvénients des modes de conduite qui, comme ceux des systèmes agropastoraux et souvent ceux des stations zootechniques, limitent le temps de séjour des animaux au pâturage.

La journée est donc ponctuée par deux grands repas de 2 à 3 heures, l'un en milieu de matinée, l'autre en fin d'après-midi et par plusieurs petits repas répartis entre les heures fraîches du matin et de la soirée.

b) Rumination (tableau 8.1- Figure 8.4)

La durée moyenne de rumination est de l'ordre de 7 heures par jour. Elle est minimale en début de saison des pluies lorsque les animaux disposent de fourrages très digestibles : les moutons ruminent alors pendant 3 à 4 heures par jour seulement et les bovins pendant 5 heures. Cette durée de rumination augmente rapidement au cours de l'hivernage, corrélativement avec la baisse de la digestibilité.

VIII.2 - COMPOSITION BOTANIQUE DU REGIME DES BOVINS, DES OVINS ET DES CAPRINS

VIII.2.1 - Méthode

Ce volet de recherche n'était pas prévu dans le cadre de notre étude axée sur l'estimation de la valeur alimentaire des fourrages ingérés au pâturage par des méthodes indirectes (cf chapitre X). Toutefois le protocole initial prévoyait la collecte d' "échantillons-main" (BLANCOU et al 1977), équivalents au "hand-plucking" des anglophones (chapitres III et IV) et représentatifs du régime des bovins, destinés à être analysés au laboratoire et comparés à des contenus de rumen de bovins. En décembre 1981, G. BOUDET nous conseilla de faire l'inventaire qualitatif des espèces présentes dans les "échantillons-main" puis la standardisation progressive des observations aboutit à la technique de la "collecte du berger" telle que nous l'avons pratiquée depuis le début de l'année 1982.

Cette méthode fait appel aux gardiens des troupeaux considérés comme les meilleurs observateurs, grâce à leur bonne connaissance de la flore et du comportement des animaux. Les plantes présentes dans le pâturage ayant été identifiées au service d'agropastoralisme du L.N.E.R.V., il a été possible de vérifier ou de compléter les correspondances entre leurs noms vernaculaires (en langue "peul") et leurs noms scientifiques (NAEGELE 1971 ; VALENZA et DIALLO 1972). De plus, un herbier de terrain sous chemises plastifiées a été constitué.

Les observations sont faites de la manière suivante : aux heures des grands repas (de 9h30 à 11h30 et de 15h30 à 17h30) et durant une demi-heure, le berger regarde attentivement pendant 10 à 20 secondes les prises alimentaires d'un animal et va prélever le plus près possible du lieu de broutage, une "poignée" de végétaux constituée par plusieurs "pincées" imitant une série de coups de dents (petits ruminants) ou de bouchées (bovins) en général interrompue par le déplacement de l'animal vers d'autres touffes d'herbe ou d'autres arbustes. Les espèces présentes dans chaque "poignée" sont notées en "présence-absence" sur une fiche de terrain (cf annexe 1), tenue par un chercheur, un technicien ou un autre berger. Cette méthode revient à dénombrer les contacts "bouche de l'animal - espèce végétale". La collecte est renouvelée aussi souvent que possible en observant les bouchées d'un animal différent à chaque fois mais le plus proche possible de l'enquêteur.

A Doli les "collectes du berger" avaient lieu trois fois par semaine et par espèce animale. A Vindou, elles ont été répétées 5 à 6 fois au cours de chacune des 5 missions de 3 jours effectuées d'octobre 1982 à août 1983, de telle sorte que chaque espèce animale a été observée une vingtaine d'heures au cours de l'année. Lors des premières missions à Vindou, l'utilisation de jumelles binoculaires a été indispensable car les animaux étaient peu habitués à la présence de l'homme ; peu à peu ils se sont laissé approcher.



Photo 8.3 - Ingestion de graminées par un zébu
(Cliché FRIOT 1982)

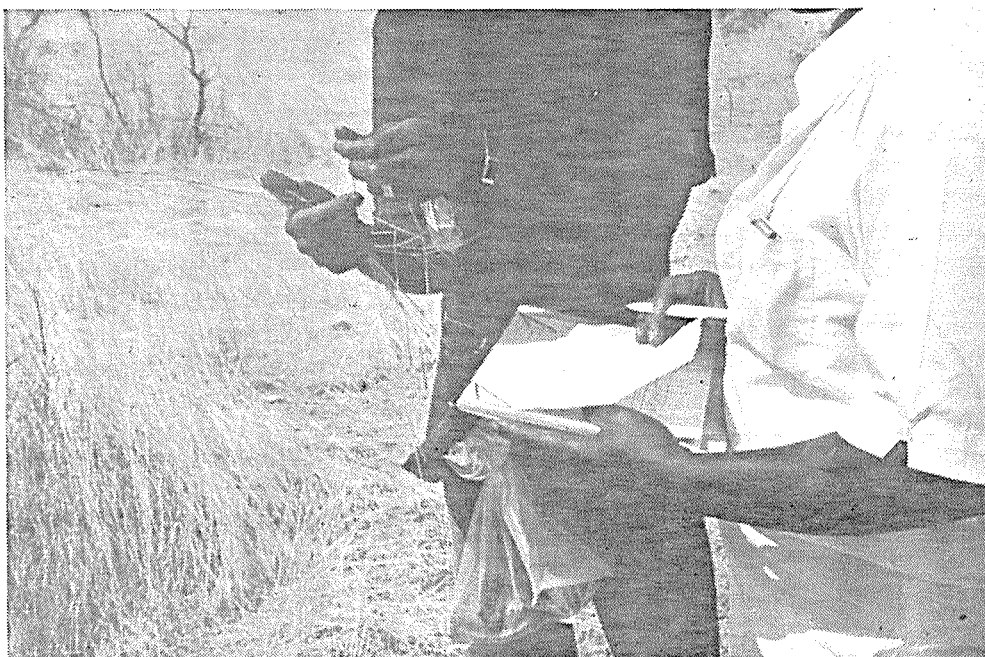


Photo 8.4 - Enregistrement des résultats de la collecte du
berger
(Cliché FRIOT 1982)

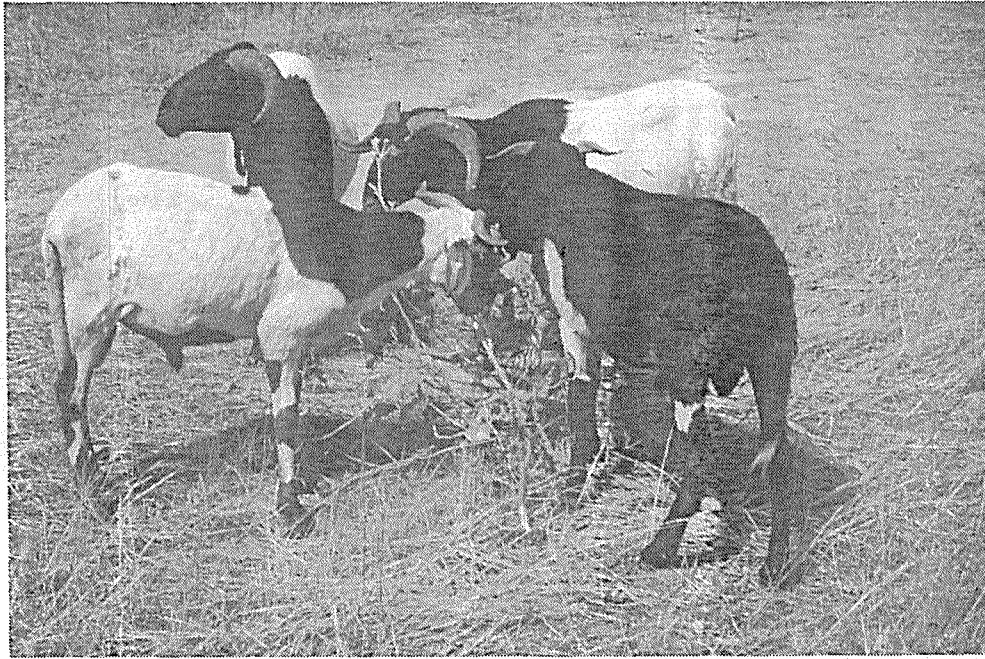


Photo 8.5 - Consommation par des moutons de jeunes rameaux coupés
par un berger
(Cliché FRIOT 1982)



Photo 8.6 - Consommation par une chèvre de *Calotropis procera*
(Cliché FRIOT 1982)

Tableau 8.2 - Composition botanique (en p.100) du fourrage de Doli disponible sur le parcours et ingéré au pâturage par les moutons et les zébus de décembre 1981 à octobre 1983

	Décembre 1981 à juillet 1982							Août 1982 à juin 1983														Juin à octobre 1983												
	Comp. pât. en p.100	Composition du régime en p.100						Comp. pât. en p.100	Composition du régime en p.100												Composition du régime en p.100													
		Moutons			Zébus				Moutons						Zébus						Moutons					Zébus								
		D-F	M-J	J	D-F	M-J	J		1 - 15 août		15 - 31 août		S-D	N-A	M-J	1 - 15 août		15 - 31 août		S-D	N-A	M-J	20J-10J				20J-10J				J 31	A	S	O
									Sec	Vert	Sec	Vert				Sec	Vert	Sec	Vert				Sec	Vert	Sec	Vert	J	A	S	O				
GRAMINEES	79	14	37	49	49	61	60	40	20	5	2	3	12	3	4	25	4	11	2	17	24	26	0	6	6	15	9	1	12	4	18	25	32	12
- groupe 3 (*)	45	9	23	28	32	36	32	18	12	1	2	2	4	2	3	17		7	1	3	14	15		?	?	?	?	1	8	?	?	?	?	3
- groupe 2 (*)	7	4	9	15	11	14	21	11	7	4		1	7	+	+	8	4	4	1	8	4	7		?	?	?	?	:	+	?	?	?	?	
- groupe 1 (*)	17	1	5	6	6	11	7	11	1				1	+	+	+		+		6	6	4		?	?				3	?	?	?	?	2
LEGUMINEUSES 5	10	24	8	7	21	12	7	27	4	32	2	38	30	27	24	7	22	5	35	30	30	27	1	16	34	41	38	46	2	10	25	30	30	41
AUTRES HERBACEES	11	59	51	36	27	23	24	33	6	21	1	45	52	67	63	9	28	4	38	49	43	34	21	36	46	45	49	51	13	24	34	35	36	42
- groupe 6 (**)	9	56	47	32	24	19	19	30	4	21	1	38	40	63	61	7	15	3	34	40	40	32	21	35	39	38	34	32	13	24	31	31	24	33
- groupe 7 (**)	2	3	4	4	3	4	5	3	2			7	12	4	2	2	3	1	4	9	?	2	+	+	7	7	15	19			3	4	12	9
LIGNEUX		3	4	8	2	4	9		12		9	6	3	9		5	5	5	4	3	13		17	14	3	22	3		33	24	11	1	4	
- groupe 8 (**)		3		7	2	4	6		8		8	6	7	7		4		4	3		11		17	8	1	1	+		28	22	10	+	2	
- groupe 9									+		+	+	1											+	1	1	+		1					
- groupe 10.				+			3		4		1	+	1			1		1		+				7	6	1		2		4	2	1	1	2
Biomasse herba- cée en kg MS/ha		2000	1500	1400	2000	1500	1400							1300	1150	700					1300	1150	700				360		1150			360		1150

(*) GRAMINEES : Groupe 3 : *Aristida mutabilis* - *Eragrostis tremula* - *Schoenefeldia gracilis* - *Elionurus elegans* -
 Groupe 2 : *Cenchrus biflorus* - *Cenchrus prieurii* - *Pennisetum pedicellatum* - *Brachiaria sp.*
Dactyloctenium aegyptium - *Chloris prieurii* - *Digitaria sp.*
 Groupe 1 : *Ctenium elegans* - *Aristida stipoides* - *Diheteropogon hagerupii* - *Andropogon pseudapricus* - *Andropogon gayanus* (pérenne) - *Aristida longiflora* (pérenne)

(**) LEGUMINEUSES : Groupe 5 : *Zornia glochidiata* - *Alysicarpus ovalifolius* - *Indigofera sp.* - *Crotalaria sp.*

AUTRES HERBACEES : Groupe 6 : (appâtées) : *Spermacoce stachydea* - *Blepharis linariifolia* - *Merremia tridentata* - *Drimia indica* - *Volubiles diverses*
 Groupe 7 : (peu appâtées) : *Polycarpaea linearifolia* - *Corchorus sp.* - *Cassia sp.*

LIGNEUX : Groupe 8 (Combretacées) : *Guiera senegalensis* - *Combretum sp.*
 Groupe 9 (épineux) : *Acacia sp.* - *Dichrostachys glomerata* - *Balanites aegyptiaca*
 Groupe 10 (divers) : *Boscia senegalensis* - *Calotropis procera* - *Grewia bicolor* - *Sclerocarya birrea*

Remarque : Les groupes 1 à 7 correspondent à ceux définis au chapitre VII page 88

Cette méthode mise au point d'une manière pragmatique et assez empirique ne prétend pas produire des résultats aussi précis que ceux décrits dans la bibliographie. Mais par rapport à ces dernières, elle présente quelques avantages.

Le nombre d'observations par séance d'une demi-heure est compris entre 30 et 60 et pour une année à Doli, il a été de 5 500 pour les moutons et de 7 000 pour les bovins.

Les résultats ont été sommés par mois et par espèce. La fréquence de chaque espèce rapportée au nombre total d'observations a permis de calculer mensuellement la contribution spécifique par espèce, par famille ou par groupe floristique.

- simple dans son application, elle peut être pratiquée par du personnel non qualifié (suivant les critères modernes...) formé sur le terrain,
- elle permet, avec des moyens limités, l'obtention rapide de résultats. Cela était important dans notre cas, d'autant plus que nous devions identifier les espèces ou les organes de plantes les plus importants dans le régime pour en étudier la valeur nutritive.

- la méthode des "coups de dent" (BOURBOUZE 1980) aurait été d'une application difficile avec la végétation herbacée (dominante sur les parcours étudiés) dans la mesure où les animaux se déplaçant beaucoup (1 bouchée par mètre de déplacement en moyenne pour les bovins), ils changent continuellement d'espèce et en consomment souvent plusieurs à la fois.

- les bovins et même les ovins ingèrent fréquemment de la "litière" (pailles brisées sur le sol), il serait difficile de déterminer par cette dernière méthode les prises alimentaires de chaque espèce.

- au contraire, les fragments de tiges (légumineuses, autres herbacées) et d'inflorescences (graminées) des espèces contenues dans les "poignées" de la collecte du berger peuvent être reconnues grâce à la végétation environnante et comptabilisées en "présence" (1) ou en "absence" (0).

- enfin, le mode de comptage étant identique à celui de la méthode des "points quadrats alignés" (chapitre VII) appliquée à l'étude du couvert herbacé, les contributions spécifiques relatives aux pâturages et aux régimes pourront être comparées.

Cependant, la "collecte du berger" doit être l'objet d'un certain nombre de contrôles méthodologiques, certains ont été réalisés, d'autres sont en cours : ils sont exposés au paragraphe VIII.2.3.

VIII.2.2 - Résultats

Rappels sur la végétation des pâturages étudiés (conclusion du chapitre VII p. 91)

Les pâturages étudiés de 1981 à 1983 étaient très différents par leur production (2000 à 600 kg de matière sèche par hectare) et leur composition botanique : les pâturages des secteurs jaune, vert et blanc de Doli en 1982 étaient intermédiaires entre ceux de Vindou Tiengoli et Doli (ensemble de la parcelle en 1981) dominés par les graminées et le secteur rouge de Doli en 1982 qui portait 72 p.100 de légumineuses.

Le couvert ligneux les différenciait également : celui de Doli était dominé par les Combrétacées ; à Vindou, au contraire, les espèces étaient très diversifiées, si bien que les croissances foliaires des espèces présentes n'étant pas simultanées, les animaux disposaient toute l'année de feuillages ou de fruits.

Tableau 8.3 - Composition botanique (en p.100) du fourrage ingéré au pâturage par les zébus, les moutons et les chèvres de la parcelle 2 du domaine pastoral de Vindou Tiengoli durant la saison sèche 1982-1983 et le début d'hivernage 1983

	Comp. pât. en p.100	Composition du régime en p.100														
		Fin octobre 1982			Fin janvier 1982			Fin mars 1982			Fin mai 1982			Fin août 1982		
		Zébus	Moutons	Chèvres	Zébus	Moutons	Chèvres	Zébus	Moutons	Chèvres	Zébus	Moutons	Chèvres	Zébus	Moutons	Chèvres
GRAMINEES (**)	89	81	39	6	91	42	2	84	40	5	71	99	23	72	56	54
- Groupe 3	48	54	30	3	47	21	1	52	19	1	37	19	12	?	?	?
- Groupe 2	32	25	9	3	38	21	1	24	21	4	31	19	11	?	?	?
- Groupe 1	7	2			6	+		8	+		3	1		?	?	?
LEGUMINEUSES (*)	2	4	19	16	+	12	4	3	9	4	2	6	1	0	0	0
AUTRES HERBACEES (*)	9	3	27	28	+	13	17	1	13	6	4	5	1	15	41	12
- Groupe 6	2	3	15	19	+	9	16	1	11	6	2	2	+	15	38	12
- Groupe 7	7	+	12	9		4	1		2		2	3	1	+	3	
LIGNEUX (*)		12	15	50	8	33	77	12	38	85	23	50	75	13	2	34
- Groupe 8			+	+	3	3	6	5	8	12	6	4	7	6	1	4
- Groupe 9			4	21		15	43		14	43	+	10	24	-	-	20
- Groupe 10		12	11	29	5	15	28	7	16	30	17	36	44	7	1	10
Biomasse herbacée en kg MS/ha		600	600	600												
Nombre d'observations		202	238	176	321	260	216	420	405	271	561	454	412	486	496	422

(*) **GRAMINEES** : Groupe 3 : *Aristida mutabilis* - *Eragrostis tremula* - *Schoenefeldia gracilis* - *Elionurus elegans*
 Groupe 2 : *Cenchrus biflorus* - *Cenchrus prieurii* - *Pennisetum pedicellatum* - *Brachiaria sp.*
Dactyloctenium aegyptium - *Chloris prieurii* - *Digitaria sp.*
 Groupe 1 : *Ctenium elegans* - *Aristida stipoides* - *Diheteropogon hagerupii* - *Andropogon pseudapricus* - *Andropogon gayanus* (pérenne) - *Aristida longiflora* (pérenne)

(**) **LEGUMINEUSES** : Groupe 5 : *Zornia glochidiata* - *Alysicarpus ovalifolius* - *Indigofera sp.* - *Crotalaria sp.*

AUTRES HERBACEES : Groupe 6 : (appâtées) : *Spermacoce stachydea* - *Blepharis linariifolia* - *Merremia tridentata* - *Drimia indica* - *Volubilis* diverses
 Groupe 7 : (peu appâtées) : *Polycarpaea linearifolia* - *Corchorus sp.* - *Cassia sp.*

LIGNEUX : Groupe 8 (Combretacées) : *Guiera senegalensis* - *Combretum sp.*
 Groupe 9 (épineux) : *Acacia sp.* - *Dichrostachys glomerata* - *Balanites aegyptiaca*
 Groupe 10 (divers) : *Boscia senegalensis* - *Calotropis procera* - *Grewia bicolor* - *Sclerocarya birrea*

Remarque : Les groupes 1 à 7 correspondent à ceux définis au chapitre VII page 88

Le mode d'exploitation de ces pâturages a été tel que les disponibilités en fourrage ont toujours été supérieures à 400 kg MS/ha).

Remarque préliminaire

Les résultats détaillés de l'étude des préférences alimentaires figurent dans les annexes 2 à 12; ils pourront être exploités dans le cadre d'une étude à la fois plus générale des relations "animal - végétation" sur pâturage sahélien et plus approfondie d'un point de vue écologique.

Par souci de simplification et de clarté, nous avons choisi de les présenter dans un premier temps par familles et par types de fourrage (graminées, légumineuses, autres familles herbacées, ligneux) quoique dans les tableaux les familles soient divisées en groupes. Ces groupes définis au chapitre VII (p. 88) ont été constitués d'après la morphologie des plantes : les résultats sont encore insuffisants pour dire s'ils correspondent à des niveaux d'appétibilité différents ou si la division proposée doit être reconsidérée en fonction de ce critère.

a) Comparaison entre la composition du pâturage et celle du régime

Les légumineuses (*Zornia glochidiata*, *Alysicarpus ovalifolius*, *Indigofera diphylla*..) et certaines autres plantes (*Spermacoce stachydea*, *Blepharis linariifolia*, *Merremia tridentata*...) sont plus appréciées que les graminées : c'est ce que révèle la comparaison des contributions spécifiques de ces familles (ou espèces) dans le pâturage d'une part et dans le régime d'autre part (tableaux 8.2 et 8.3 ; figures 8.5 à 8.7).

Si l'on compare les teneurs en matières azotées de ces groupes de plantes (figure 8.8), toutes à l'état de pailles en saison sèche, on constate que les plus appréciées sont aussi celles qui ont la meilleure valeur nutritive.

La composition du régime ne reflète donc pas celle du pâturage ; cependant, les choix des animaux sont influencés par la composition floristique des parcours ; par exemple à Doli la diminution des graminées les plus appréciées entre 1981 et 1982 a entraîné une augmentation relative de la consommation des autres plantes ; ou encore, la diversité et l'abondance des ligneux de Vindou Tiengoli, conjuguées à la faible productivité du couvert herbacé et à la prédominance des graminées, ont entraîné une plus grande utilisation de feuilles d'arbres : les moutons en ont consommé jusqu'à 50 p.100 de leur régime en fin de saison sèche alors que le maximum observé à Doli était de 12 p.100.

Figure 8.5 : - COMPOSITION BOTANIQUE DU PÂTURAGE ET DU RÉGIME ALIMENTAIRE
DES OVINS A DOLI

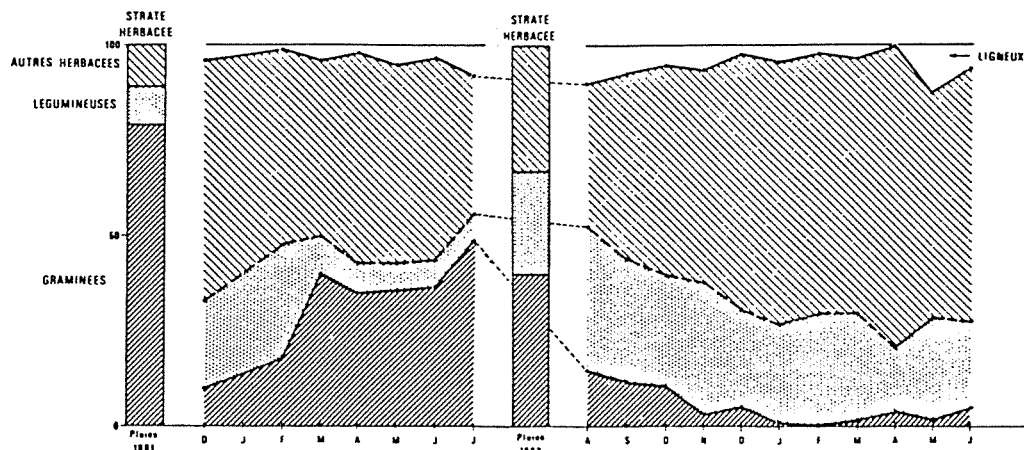


Figure 8.6 : - COMPOSITION BOTANIQUE DU PÂTURAGE ET DU RÉGIME ALIMENTAIRE
DES BOVINS A DOLI

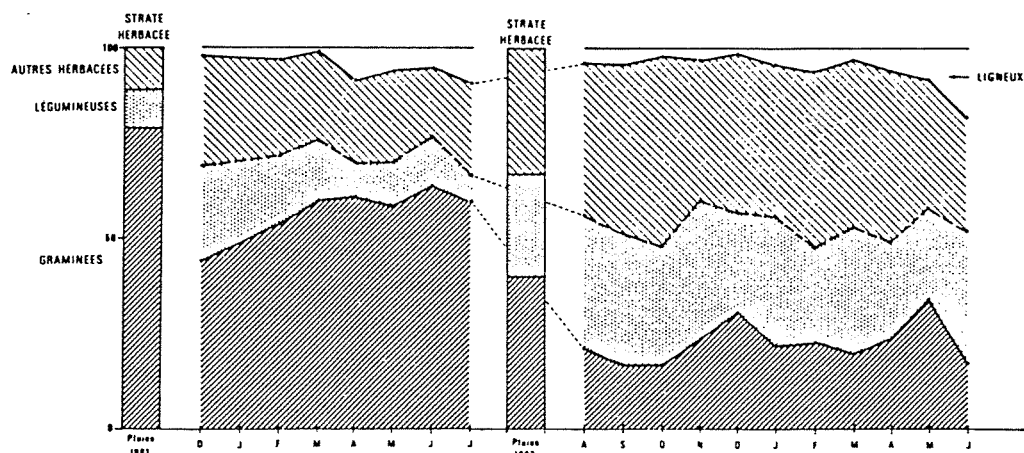


Figure 8.7 : - COMPOSITION BOTANIQUE DU PÂTURAGE ET DU RÉGIME ALIMENTAIRE
DES CAPRINS, DES OVINS ET DES BOVINS A VINDOU TIENGOLI

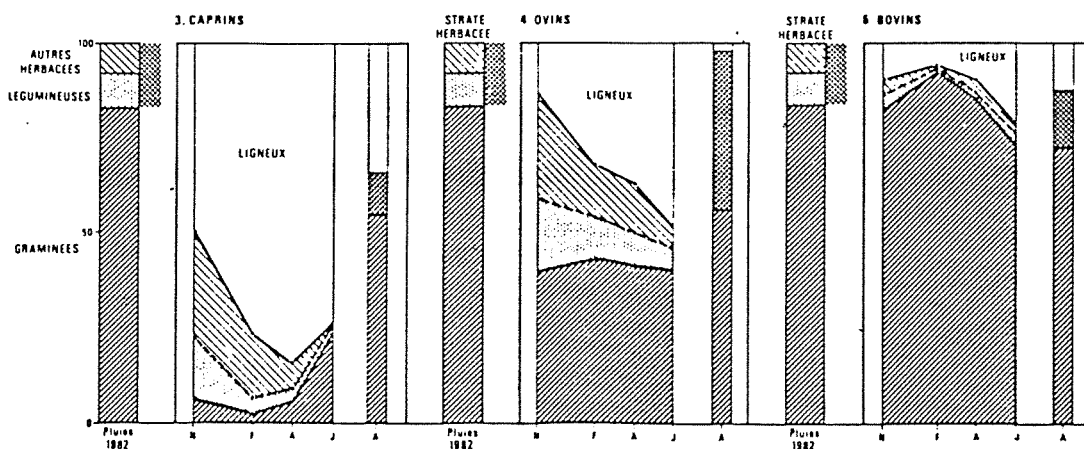
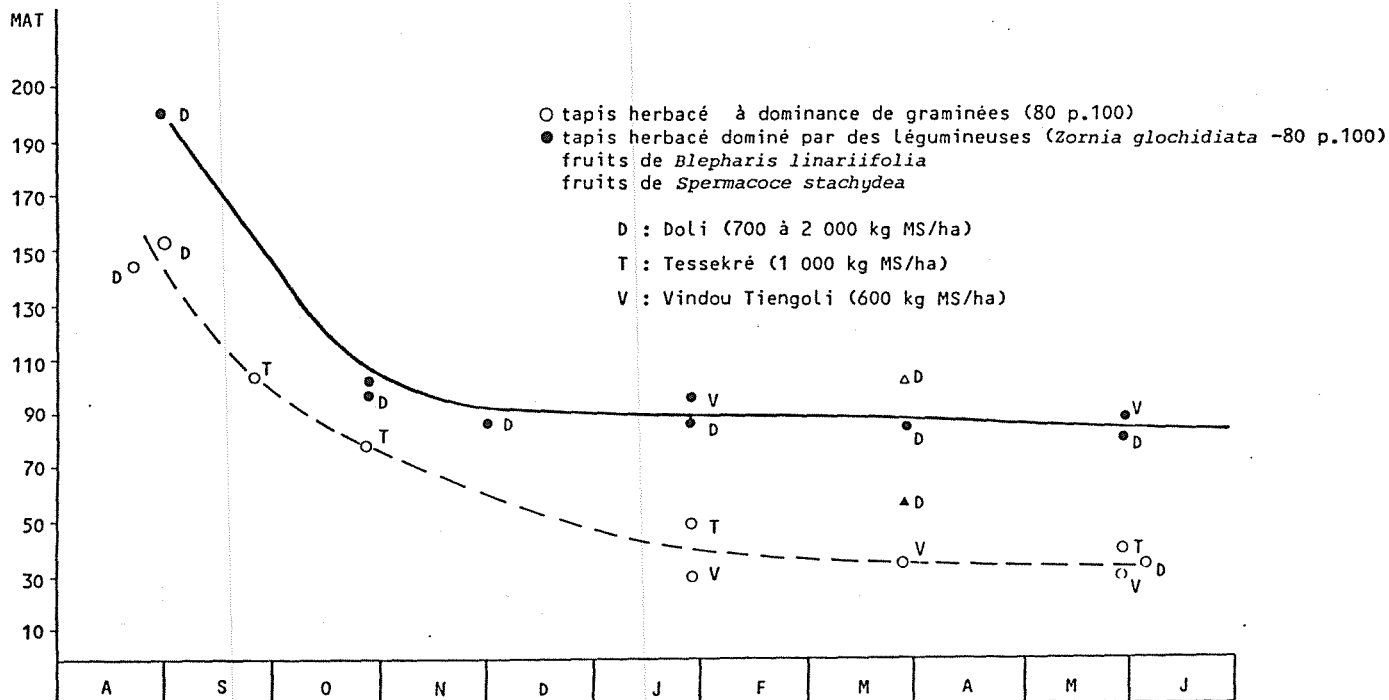


Figure 8.2 : Teneurs en matières azotées (MAT) en g/kg MS) du tapis herbacé en fonction de sa composition botanique et de la saison



b) Comparaison entre saisons

Les préférences alimentaires varient au cours de l'année. Certaines espèces ne participent au régime que durant des périodes brèves (*Drimia indica*, *Cassia mimosaoides*...). Les graminées grossières (*Ctenium eleaans*, *Aristida lonaiiflora*...) sont consommées en fin de saison sèche en période de soudure ; c'est à ce moment là que l'on enregistre également les pics de consommation de ligneux qui coïncident aussi avec l'apparition des jeunes feuilles de nombreuses espèces et même de fruits très appréciés, tels que ceux de *Sclerocarya birrea*, de *Balanites aegyptiaca* certaines années, etc... Au contraire, les légumineuses et les autres herbacées sont surtout disponibles en début de saison sèche avant la chute des feuilles. Les petits ruminants sont cependant capables d'ingérer ces dernières durant toute la saison sèche. En effet, leur anatomie et leur mode de préhension leur permettent de les saisir dans les anfractuosités du sol où elles sont nichées.

c) Comparaison entre espèces animales

Les zébus consomment toujours plus de graminées que les moutons et les chèvres : les maxima observés sont respectivement de 90, 50 et 25 p.100 du régime.

Tableau 8.5 - Index de similarité entre les différentes zones de pâturage de Doli en saison sèche 82-83 pour, respectivement et séparément, la végétation herbacée, le régime des bovins et celui des ovins

	Zone rouge	Zone jaune	Zone verte	Zone blanche	P A T U R A G E
Zone rouge		26	18	29	
Zone jaune	57/58		58	52	
Zone verte	56/62	82/86		40	
Zone blanche	75/74	71/80	67/82		
Régimes : BOVINS / OVINS					

Tableau 8.6 - Index de similarité entre les régimes des bovins et des ovins sur les pâturages de Doli en saison sèche 82-83 en fonction de la zone

Zone rouge	Zone jaune	Zone verte	Zone blanche
87	55	67	68

Tableau 8.7 - Index de similarité entre les régimes ingérés en saison sèche 82-83 par les zébus, les moutons et les chèvres sur les pâturages de Vindou-Tiengoli

	Zébus	Moutons	Chèvres
Zébus	100		
Moutons	58	100	
Chèvres	24	58	100

(d'après Abdoulaye DIENG - 1986)

Inversement, pour les ligneux, ce sont les chèvres qui en consomment le plus (jusqu'à 85 p.100), les zébus et les moutons en ingérant respectivement jusqu'à 25 et 50 p.100. De plus, les trois espèces ont des préférences différentes vis-à-vis des fourrages ligneux, comme le montre le tableau 8.4 .

Tableau 8.4 : Composition du pâturage aérien de Vindou Tiengoli et préférences alimentaires des ruminants domestiques d'octobre 1982 à août 1983

	en p.100 du peuplement (sujets de ttes tailles-tab.7.3)	en p.100 de la fraction "ligneuse" du régime		
		bovins	ovins	caprins
Combrétacées	7	29	12	9
Epineux	26	2	31	47
Autres ligneux	67	69	57	44

Cette division est, aux yeux du botaniste, tout à fait arbitraire et peu scientifique. Cependant ces groupes, qui devront être redécouverts et précisés à la suite de nouvelles observations, correspondent à des différences importantes au niveau du comportement animal.

d) Index de similarité entre les régimes étudiés

L'ensemble de ces résultats peut être commenté à l'aide des index de similarité de KULZYNSKI* qui permet de comparer deux régimes en fonction des contributions spécifiques des diverses espèces qui les composent (chapitre III). A cet effet, A. DIENG (1986) et D. FRIOT ont mis au point sur un ordinateur IBM 5120 un programme permettant de comparer jusqu'à 10 régimes différents composés de 50 espèces végétales.

Le tableau 8.5 montre que les différences entre les pâturages sont atténuées au niveau des choix des animaux ceux-ci ayant tendance à se constituer des régimes assez uniformes d'un pâturage à l'autre ; cette interprétation doit cependant être nuancée par le fait que le pâturage a été étudié sur des sites précis (3 à 4 hectares), alors que les zones de pâturages définies pour localiser la collecte du berger avaient des surfaces beaucoup plus grandes (150 à 200 hectares) et un contour assez flou non matérialisé. On remarque également dans le tableau 8.5 que le régime des ovins varie un peu moins d'un pâturage à l'autre que celui des bovins, ce qui traduit encore le caractère plus sélectif du comportement des petits ruminants.

* cf p.43

Le tableau 8.6 montre que les différences de comportement entre espèces animales sont d'autant plus extériorisées que le pâturage est diversifié : dans la zone rouge de Doli par exemple qui comportait 53 p.100 de *Zornia glochidiata* (légumineuse), les bovins et les ovins avaient des régimes très proches; par contre, dans la zone jaune voisine couverte par 60 p.100 de graminées, les bovins avaient un régime assez riche en graminées (39 p.100) alors que les ovins les négligeaient.

Le tableau 8.7 indique que les degrés de compétition pour l'exploitation des pâturages de Vindou, entre les zébus et les moutons d'une part et entre les moutons et les chèvres d'autre part, sont comparables et confirme que les ovins sont des consommateurs intermédiaires entre les bovins et les caprins.

Enfin, le tableau 8.8, qui traduit l'évolution des régimes au cours de la saison sèche, montre que celui des bovins, très influencé par les réserves fourragères de départ, évolue peu, alors que celui des ovins et surtout des caprins sont fonction de la disparition (feuilles de légumineuses ou d'autres herbacées annuelles) ou de l'apparition (feuilles et fruits de ligneux) de ressources fourragères quantitativement marginales mais de bonne valeur nutritive.

Les index de similarité entre la composition des pâturages et celle des régimes n'ont pu être calculés car la contribution spécifique des ligneux n'intervient pas dans la description des pâturages

Tableau 8.8 - Index de similarité (S.I.) entre les régimes des zébus, des moutons et des chèvres aux différentes périodes de la saison sèche sur les pâturages de Vindou-Tiengoli (d'après A. DIENG 1985)

zébus/moutons/ /chèvres	Octobre	Janvier	Avril	Juin
Octobre	100			
Janvier	79/54/53	100		
Avril	75/53/46	81/75/60	100	
Juin	65/42/39	71/65/42	71/66/63	100

VIII.2.3 - Discussion sur la collecte du berger

a) Précision

a.1) Nombre d'observations à effectuer

A. DIENG a calculé à partir des résultats de collecte du berger de Doli et Vindou Tiengoli, l'intervalle de confiance qui caractérisait les contributions spécifiques des espèces dominantes dans les régimes des bovins, des ovins et des caprins.

$$I.C. = \pm 2 \sqrt{\frac{n(N-n)}{n^3}}$$

où (I.C. : intervalle de confiance
 (N : fréquence cumulée de toutes les espèces
 (n : fréquence cumulée de l'espèce dominante

Un intervalle de confiance de l'ordre de 5 p.100 correspond à une précision acceptable pour les études de végétation (GROUZIS 1982 ; BOUDET 1983 ; VALENZA 1984 : chapitres II) et pour la description des régimes (THEURER et al 1976 : chapitre III). Cette valeur a été obtenue d'après les annexes 13 et 14 , après 200 ou 300 identifications réalisées au cours de 2 à 5 séances à Vindou Tiengoli et après 400 à 500 identifications ou 5 à 10 séances de collecte du berger à Doli. L'importante différence entre les deux stations peut être en partie expliquée par le fait qu'à Vindou, les collectes du berger étaient regroupées sur 3 jours, alors qu'à Doli elles étaient réparties sur plusieurs semaines, voire plusieurs mois, périodes au cours desquelles le régime évoluait (cf paragraphe VIII.2.2.b p.101).

Nous retiendrons que le régime alimentaire d'une espèce animale, sur un pâturage donné et pour une période de 2 à 3 mois, peut être décrit avec suffisamment de précision après 400 identifications. Ce nombre correspond d'ailleurs aux recommandations des auteurs cités par THEURER et al (1976) pour les analyses microscopiques des contenus digestifs et à celles de BOUDET (1983) et GROUZIS (1982) pour l'analyse phyto-écologique des pâturages par la méthode des "points quadrats alignés".

Le nombre et la répartition des séances de collecte du berger est fonction de l'hétérogénéité du pâturage : sur un parcours homogène on peut envisager 4 à 5 séances de 30 minutes pendant les grands repas sur 2 ou 3 jours (cas de Vindou Tiengoli) ; par contre sur un parcours agropastoral très contrasté, il vaut mieux effectuer des séances plus brèves (10 minutes par heure) au cours de 2 à 3 journées entières de pâturage (cas des pâturages agropastoraux de Thyssé-Kaymor au Sine Saloum-GUERIN et al 1986b).

a.2) Comparaison entre les résultats obtenus par la collecte du berger et l'analyse microhistologique des fèces

Des échantillons de fèces de zébu, de mouton et de chèvre, collectés dans la parcelle de Vindou Tiengoli où avaient lieu les collectes du berger, ont été expédiés pour analyse coprologique par le Projet Pilote d'Inventaire et de Surveillance continue des Ecosystèmes Pastoraux (ISRA - FAO - PNUE) à un laboratoire spécialisé du Colorado.

Les résultats obtenus par les deux méthodes figurent au tableau 8.9. Ces résultats mettent en évidence les mêmes différences entre espèces animales et entre mois, par contre, les contributions spécifiques des différents groupes de fourrages ne concordent pas. D'après les analyses coprologiques, les ligneux joueraient un rôle beaucoup plus important que celui déterminé par la collecte du berger : en particulier, ils représenteraient dès le mois d'avril plus de 80 p.100 du régime des bovins dont 60 p.100 pour le seul *Boscia senegalensis*. Ce résultat est surprenant pour deux raisons :

Tableau 8.9 - Comparaison des compositions botaniques des régimes des zébus, des moutons et des chèvres déterminées par la collecte du berger et par analyse coprologique (Université du Colorado - pour le compte du Projet Pilote d'Inventaire et de Surveillance Continue des Ecosystèmes Pastoraux - ISRA - FAO - PNUE)

en p.100	Octobre 1982			Avril 1983			Juin 1983		
	Zébus	Moutons	Chèvres	Zébus	Moutons	Chèvres	Zébus	Moutons	Chèvres
<u>Collecte du berger</u>									
Graminées	81	39	6	84	40	5	71	39	23
Légumineuses et autres herbacées	7	46	44	4	22	10	6	11	2
Ligneux	12	15	50	12	38	85	23	50	75
<u>Analyse copro-</u> <u>logique</u>									
Graminées	68	35	8	15	18	4	14	16	9
Légumineuses et autres herbacées	5	27	16	0	9	6	0	0	5
Ligneux *	27	28	76	85	73	90	86	84	86
*dont <i>Boscia senegalensis</i>	(17)	(13)	(6)	(63)	(28)		(61)	(32)	(45)

Tableau 8.10 - Composition botanique des régimes des moutons et des bovins exploitant en hivernage et début de saison sèche les parcours agropastoraux soudano-sahéliens de Thyssé-Kaymor (Sine Saloun) Comparaison des contributions spécifiques déterminées par la collecte du berger et par pesée des échantillons après triage manuel des différents types de fourrages dans les échantillons

en p.100	Graminées	Légumineu- ses	Autres herbacées	Ligneux	Fanes d'arachides	Paille de maïs
<u>OVINS</u> 24 échantillons récoltés de juillet à janvier, d'un poids total de 1200 g - collecte du berger - pesées	37,8 41,7	4,5 4,8	42,6 35,7	13,6 16,3	0,5 1,3	1,0 0,2
<u>BOVINS</u> 3 échantillons récoltés en octobre, d'un poids total de 170g - collecte du berger - pesées	46,6 63	8,8 7,6	23,3 17,4	21,3 12,0		

- le *Boscia senegalensis*, bien que consommé en période de pénurie fourragère, est réputé peu apprécié (sa contribution déterminée par la collecte du berger était de 7 p.100).

- sur pâturages naturels et en année normale, la part des ligneux dans le régime des bovins est toujours inférieure à 50 p.100 : 5 à 45 p.100 respectivement au début et à la fin de la saison sèche pour BLANCOU et al (1977) ; 26 p.100 pour DICKO et al (1980) ; 25 p.100 pour PIOT et al (1980) ; 20 à 45 p.100 pour SHARMAN et GNING (1983) ; moins de 15 p.100 pour SQUIRES et al (1983).

On peut émettre l'hypothèse que le *Boscia*, espèce responsable d'une grande partie de la différence entre les deux méthodes d'estimation, était peu digestible et de ce fait se retrouvait en grande partie dans les fèces. Pourtant les premières analyses (de jeunes feuilles récoltées en mars alors que les fèces ont été recueillies d'avril à juin, période à laquelle le *Boscia* est à un stade phénologique plus avancé) dont nous disposons, semblent indiquer que cette espèce, au moins aux stades précoces de feuillaison, a une valeur nutritive moyenne à bonne.

Il n'est donc pas possible de donner une explication valable aux différences apparues dans le tableau 8.9 . Ce n'est que la poursuite d'analyses microscopiques comparatives, entreprises en 1986, d'échantillons de fèces et de bols oesophagiens qui permettra de donner un avis motivé sur la représentativité, d'un point de vue floristique, de la collecte du berger. Nous verrons en effet au chapitre X que d'un point de vue chimique, le berger est moins sélectif que les animaux, en particulier que les petits ruminants, conformément aux résultats des travaux décrits dans la bibliographie (chapitre VI).

a.3) Comparaison entre les compositions botaniques déterminées lors des séances de collectes du berger et celles obtenues après triage manuel et pesée des différents types de fourrages

L'objectif des équipes de recherche étudiant les préférences alimentaires est souvent de décrire la composition botanique du régime sur la base du poids frais ou du poids sec (GAUTHIER-PILTERS 1961 ; BOURBOUZE 1980). Sans que ce soit une priorité dans notre cas, il apparaît indispensable, au moins pour porter un jugement sur la qualité de la méthode, de vérifier la correspondance entre les contributions spécifiques déterminées sur le terrain et la composition pondérale des échantillons. Ce travail n'a pas été fait dans le cadre de l'étude des pâturages naturels mais a débuté en 1985 pour des régimes ingérés sur des parcours agropastoraux. Le tableau 8.10 en présente les premiers résultats qui montrent que les ordres de grandeur déterminés par les deux méthodes sont assez proches pour chaque type de fourrage, ce qui est encourageant.

Tableau 8.11 - Composition du régime de saison sèche (moyennes de novembre à juin) des moutons et des zébus sur différents types de pâturages

Station - Année	Kg MS/ha	Pâturage en p 100			Régime ovins en p 100				Régime bovins en p 100			
		Graminées	Légu- mineuses	Aut. her- bacées	Graminées	Légu- mineuses	Aut. her- bacées	Ligneux	Graminées	Légu- mineuses	Aut. her- bacées	Ligneux
Vidou 1982	600	83	9	8	40	12	15	33	82	3	2	13
Doli 1981	2 000	79	10	11	33	13	49	5	57	13	25	5
Doli - Zone rouge 1982	750	5	74	21	1	51	40	8	6	56	36	2
Doli - zone blanche 1982	1 340	40	22	38	1,5	29	65,5	4	20	35	38	7
Doli - zone verte 1982	1 440	54	3	43	3	16	72	9	33	15	49	3
Doli - zone jaune 1982	1 710	61	12	27	6	16	74	4	39	17	41	3

Figure 8.9 - Prévion de la composition botanique du régime de saison sèche des bovins et des ovins en fonction du pâturage

G, L, AH (en p.100): graminées, légumineuses, autres plantes herbacées dans les pâturages

% G, % L, % AH, % Lig. : graminées, légumineuses, autres herbacées, ligneux dans le régime des ovins (O.○:----) ou des bovins (B.●:—)

P. matière sèche herbacée disponible en début de saison sèche en kg

$$\% G O = 0,721 e^{0,0006G^2} \quad r = 0,979$$

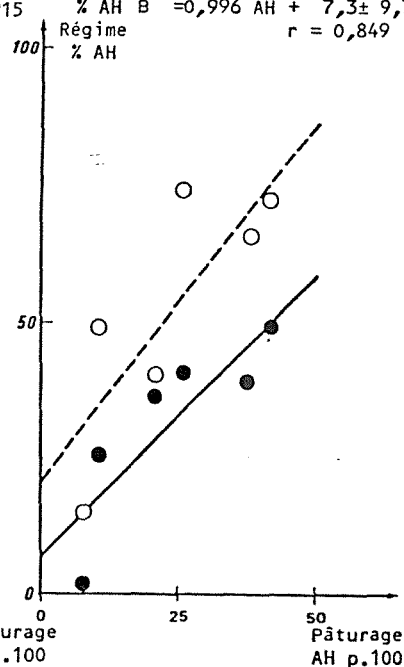
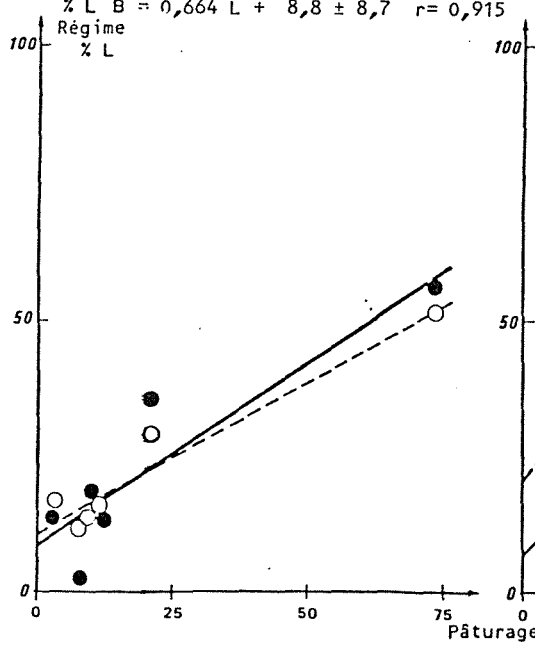
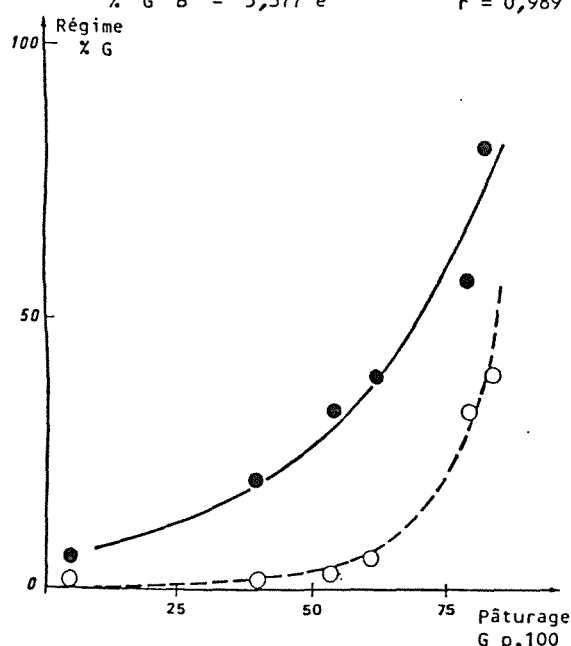
$$\% G B = 5,377 e^{0,032G} \quad r = 0,989$$

$$\% L O = 0,553 L + 10,9 \pm 4,4 \quad r = 0,966$$

$$\% L B = 0,664 L + 8,8 \pm 8,7 \quad r = 0,915$$

$$\% AH O = 1,303 AH + 20,4 \pm 14,9 \quad r = 0,809$$

$$\% AH B = 0,996 AH + 7,3 \pm 9,7 \quad r = 0,849$$



Autres équations de prévisions de la composition du régime des ruminants :

Ovins

$$\% L O = 0,309 L - 0,256 G + 29,9 \pm 2,0 \quad r = 0,995$$

$$\% AH O = 1,12 AH + 0,023 P - 4,8 \pm 7,3 \quad r = 0,969$$

$$\% Lig O = 0,036 AH \times P - 0,053 LEG \times P - 0,013 G \times P + 43,6 \pm 0,9 \quad r = 0,999$$

Bovins

$$\% AH B = 0,647 AH + 0,015 P - 0,276 G + 11,0 \pm 6,1 \quad r = 0,973$$

% Lig. : aucune régression significative

a.4) Effet de l'observateur sur les résultats de la collecte du berger

Comme pour toute méthode visuelle, la qualité des résultats de la collecte du berger est fonction de la bonne appréciation, forcément subjective, des fourrages ingérés par les animaux. La comparaison des résultats de collecte du berger avec ceux des analyses microscopiques de contenus digestifs est une méthode de contrôle (cf § a.2). Une autre méthode consiste à comparer les résultats de collecte du berger obtenus par deux observateurs travaillant simultanément sur le même troupeau. Nous l'avons insuffisamment pratiquée, par contre C.SALL et L.M. GUILLON (1986) ont mis en place un protocole répondant à cet objectif dans le cadre d'un programme de recherche sur la complémentarité des espèces de ruminants exploitant les pâturages sahéliens (projet "Pâturages mixtes" - ISRA-An Foras Taluntaï - financement CEE - NOLAN et CONNOLLY 1984). Les observations sont enregistrées en "peul" et en "wolof", langues maternelles de chacun des bergers, pour limiter les risques d'influence réciproque. Les résultats des observations de terrain et la composition des échantillons seront comparées.

b) Prévision de la composition botanique du régime à partir de celle du pâturage

Les compositions botaniques moyennes des régimes des bovins et des ovins en saison sèche sur les principaux pâturages étudiés (tableau 8.11) et celle de ces pâturages ont été comparées par des tests de corrélation et de régression. Les équations et les courbes présentées à la figure 8.9 explicitent les différences entre les compositions des pâturages et des régimes et les différences entre espèces.

De nouvelles observations devront être faites sur d'autres types de pâturages et avec des charges différentes pour compléter ces données et le système de prévision ébauché ici. Il faudra également dans l'avenir tenir compte de la densité et de la composition du peuplement ligneux, ce qui n'a pas été possible avec les résultats de cette étude.

L'étude du régime des ruminants en fonction des disponibilités fourragères en début de saison sèche devrait permettre une meilleure interprétation de l'utilisation des pâturages en zone tropicale, mais pour accéder à une compréhension suffisante des relations "animal - milieu", il faudrait que ce travail soit associé aux études sur la dynamique de la végétation.

Cependant, il faut souligner que s'il semble possible de prévoir la part des familles botaniques ou des "groupes floristiques" constituant le régime, il paraît plus difficile de trouver des relations au niveau des espèces, même principales. Hors, c'est probablement à ce niveau de précision que le phytosociologue pourrait être intéressé par la connaissance du comportement animal.

Conclusion :

Utilisation de l'espace pastoral

Le mode de conduite des troupeaux expérimentaux et le protocole d'enregistrement de leur comportement que nous avons appliqués n'ont pas permis d'appréhender l'utilisation effective des différents types de pâturages. Leur identification et leur planimétrie ainsi que l'enregistrement de leur fréquentation auraient permis d'ébaucher, en fonction des saisons, la charge qu'ils ont supportée comme l'ont mesurée BALENT ET GIBON (1986) - FAVRE (1978) ou SQUIRES et SIEBERT (1983). Cependant, la mesure de ce paramètre très important n'a d'intérêt que si les mouvements du troupeau sont totalement indépendants de l'expérimentateur, ce qui n'a pas toujours été le cas dans cette étude (cf § VIII.1.1-a p. 95).

Rythmes d'activité

L'enregistrement des activités des animaux montre que le mode de conduite appliqué par les éleveurs est bien adapté aux conditions climatiques et aux possibilités d'abreuvement : par exemple, les bovins ingèrent une partie de leur ration pendant la nuit pour compenser le ralentissement de leur activité aux heures les plus chaudes. La prise en compte de ce type de facteurs est indispensable à la compréhension, voire à l'amélioration du mode d'alimentation du bétail sur parcours, et surtout à la conception des protocoles d'essais zootechniques.

La dispersion de la végétation appétée est un autre facteur limitant de l'ingestion. Il peut être également compensé par un allongement de la durée totale des repas, si toutefois celle-ci n'est pas limitée par le temps de séjour au pâturage, fonction de la durée de la contention nocturne ou aux heures de traite, des déplacements, de l'attente aux lieux d'abreuvement, etc...

Composition botanique du régime

La méthode utilisée dans cette étude n'a pas de prétention quantitative. Tout au plus, permet-elle de donner un ordre de grandeur du temps consacré aux principales espèces constituant le régime des animaux.

D'éventuelles applications de cette méthode nécessitent des mises au point préalables. Il faudrait notamment standardiser les observations ainsi que leur enregistrement et prendre en compte le type de pâturage sur lequel elles sont effectuées.

La "collecte du berger" appliquée telle qu'elle a été décrite ci-dessus a cependant permis de mettre en évidence :

- les principales différences entre les préférences alimentaires des trois espèces animales étudiées.
- leur complémentarité, d'autant plus grande que la flore est plus riche.
- l'influence de la composition du pâturage sur celle du régime.
- le rôle important dans l'alimentation du bétail de certaines espèces secondaires plus souvent considérées comme indicatrices de la dégradation des parcours que comme des espèces fourragères.

Nous pensons donc que, dans le cadre de l'étude des systèmes d'alimentation des ruminants sur parcours ou plus généralement des études relatives à l'interface "animal-végétation", les observations de terrain doivent être poursuivies pour permettre à l' "observateur" (chercheur, technicien, berger) de bien s'imprégner de la vie d'un troupeau et d'identifier les principales composantes du régime. Suivant les objectifs de l'étude, les résultats qualitatifs seront ou non suffisants. Ils peuvent être complétés par des observations quantitatives nécessaires, par exemple, pour étudier avec plus de précision :

- l'évolution du régime en fonction de la dynamique de la végétation : comparaison, pour un même site, entre saisons et entre années.
- la concurrence et la complémentarité entre espèces animales en fonction de la composition et de la productivité du pâturage et de la charge animale.
- la valeur nutritive des régimes ingérés (cf. chapitres IX et X).

L'utilisation de méthodes quantitatives permettrait aussi de mettre au point des modèles de prévision de la composition botanique du régime en fonction de celle du pâturage. Ces modèles seraient très utiles chaque fois que l'on souhaite approcher l'un des paramètres cités ci-dessus sans toutefois avoir les moyens de mettre en place une étude du comportement alimentaire.

La reconnaissance au microscope et le comptage des épidermes végétaux présents dans les fèces répond à cet objectif quantitatif. Cependant, l'application de cette méthode à l'alimentation du bétail sur parcours sahéliens nécessite encore de nombreuses mises au point ; notamment :

- compléter l'atlas des épidermes qui comprend actuellement 64 espèces (MANDRET 1985, PLANTON 1987).
- préciser la méthode d'échantillonnage et la technique de conservation des fèces (PLANTON 1987).
- étudier les relations entre les proportions d'épidermes retrouvés dans les fèces et les quantités ingérées de plusieurs espèces ou types de fourrages. Ce travail fait appel à des essais de digestibilité en cage (M.C.B.DIALLO en cours d'étude).

Au total, l'étude de la composition botanique du régime par la reconnaissance microhistologique des espèces végétales dans les contenus digestifs est séduisante, notamment parce qu'elle est plus facile à standardiser qu'une méthode de terrain, mais la fiabilité des résultats et la validité de leur interprétation sont, à notre avis, fonction d'un important travail méthodologique qui ne fait que commencer.

CHAPITRE IX

COMPOSITION CHIMIQUE ET VALEUR NUTRITIVE DES FOURRAGES DISPONIBLES SUR LES PATURAGES SAHELIENS ET SOUDANO-SAHELIENS

INTRODUCTION

Les chapitres précédents ont mis en évidence la diversité botanique des fourrages disponibles sur les pâturages et l'importance du tri effectué par les ruminants. Les principaux constituants (matières azotées; cellulose brute, matières grasses, calcium et phosphore) de la plupart des espèces fourragères ont déjà été analysés (RIVIERE 1978).

Cependant des échantillons de plantes les plus représentatives de Tessekré, Doli et Vindou Tiengoli ou caractéristiques du régime de telle ou telle espèce animale ont été collectés pour des analyses plus complètes incluant la solubilité de l'azote, la détermination des teneurs en constituants pariétaux (GOERING et VAN SOEST 1970) et l'estimation de la digestibilité par la méthode pepsine cellulase (AUFRERE 1982).

De plus, le tapis herbacé de plusieurs types de pâturages (à dominance de graminées ou de légumineuses, etc..) a été fauché aux différentes saisons pour des mesures de digestibilité *in vivo* sur moutons. Ces essais visaient à déterminer les variations saisonnières et entre pâturages de la valeur nutritive moyenne du tapis herbacé et devaient servir de référence pour l'établissement d'équations de prévision de la valeur nutritive des fourrages à partir de leur composition chimique.

IX.1 - MATERIEL ET METHODES

IX.1.1. Fourrages étudiés

a) Echantillons monospécifiques destinés aux analyses de laboratoire

Les échantillons collectés furent soit des plantes entières, soit des organes particuliers. Les espèces herbacées à l'état vert ont été séchées à l'étuve à 80°C ; à l'état de paille, elles ont été broyées en vue de leur analyse, le plus souvent sans séchage préalable. Les feuilles de ligneux ont été séchées à l'air.

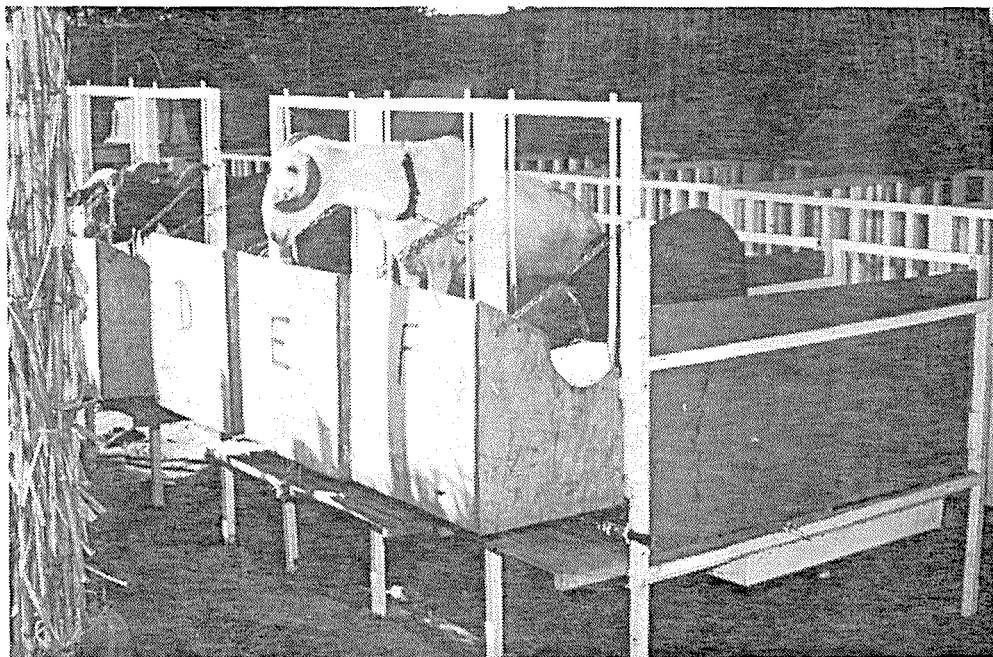


Photo 9.1 - Cages de digesti
bilité. Modèle mis au point
par H. CALVET
(Cliché FRIOT 1982)

Photo 9.2 - Balance pour la
détermination de la teneur
en matière sèche des four-
rages offerts et refusés et
des fèces
(Cliché FRIOT 1982)

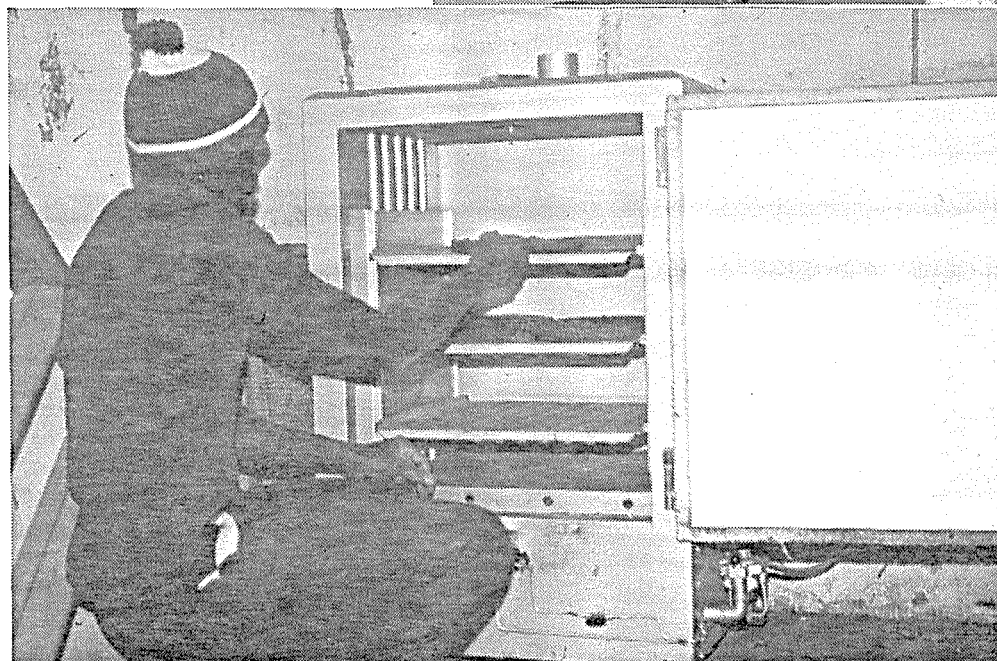
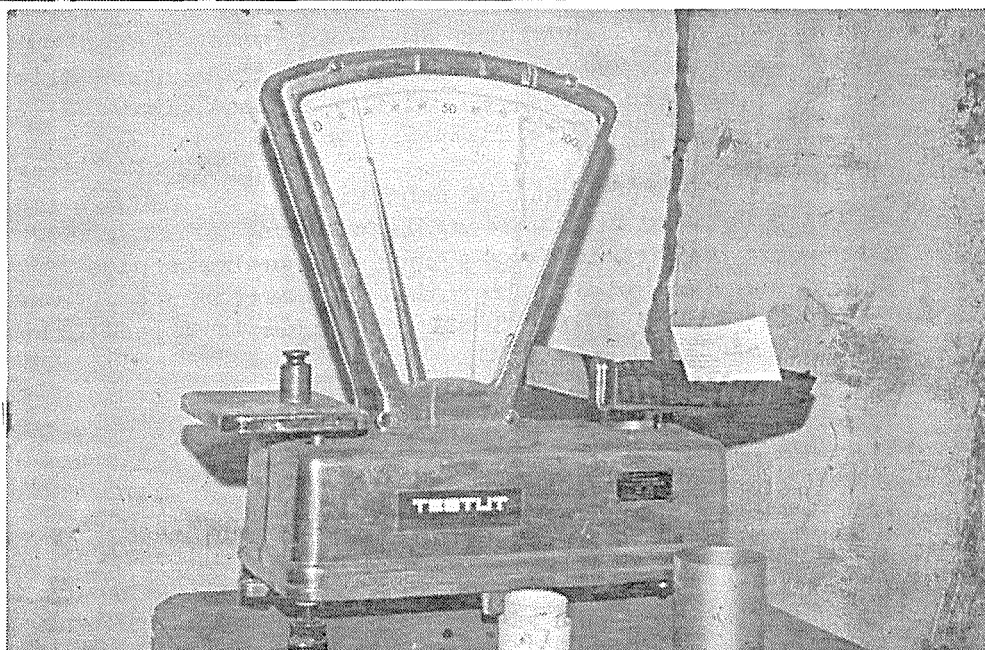


Photo 9.3 - Etuve à gaz
(Cliché FRIOT 1982)

b) Tapis herbacé fauché pour les essais de digestibilité *in vivo*

Une aire portant une végétation homogène fut choisie au début de chaque essai de digestibilité. Il s'agissait le plus souvent de mélanges d'espèces mais des fourrages monospécifiques ont parfois été récoltés en quantités suffisantes (200 kg en sec) pour permettre des essais *in vivo*.

En saison des pluies, le fourrage était fauché à la faucille chaque matin et transporté en charrette asine ou en brouette jusqu'à la station où la ration journalière de chaque mouton était préparée en début d'après-midi et distribuée en plusieurs repas. En saison sèche, les pailles étaient fauchées en une seule fois et mélangées pour obtenir un fourrage homogène.

IX.1.2. - Mesures *in vivo*

La digestibilité *in vivo* a été mesurée suivant la technique décrite par DEMARQUILLY et BOISSEAU (1976). Le matériel était constitué de 8 loges individuelles de 1,4 m² sur terre battue pour la période de mise en régime et de 6 cages métalliques à métabolisme comprenant des mangeoires, des caillebotis réglables et des bacs pour la récolte des fèces. La station disposait d'une balance au gramme et de deux étuves à gaz. Les animaux d'expérience étaient des moutons mâles de race Peul-Peul en croissance dont le poids moyen a varié au cours des essais entre 20 et 35 kg. Les essais ont duré 21 jours ; ils comprenaient 15 jours d'adaptation au régime, dont 12 jours en loges puis 3 jours en cages et 6 jours de mesures.

Deux modifications furent nécessaires pour tenir compte des caractéristiques des fourrages étudiés :

- le hâchage (au coupe-coupe) initialement en brins de 5 cm, comme cela est recommandé pour les fourrages verts, limitait trop les possibilités de tri des moutons ; en effet, les particules les plus fines et aussi les plus appétées sédimentaient au fond des mangeoires sous les tiges. Rapidement, on lui a donc préféré un hâchage plus grossier en brins de 10 cm.

- les taux de refus ont été élevés (25 à 40 p.100) pour maintenir l'ingestion à un niveau minimal ne mettant pas en danger la vie des animaux, en particulier en saison sèche. Cette pratique pose un problème méthodologique non résolu actuellement mais paraît justifiée si l'objectif des essais est de reproduire des régimes ingérés au pâturage où les possibilités de tri sont pratiquement sans limites.

Pendant chacun des six jours de mesures, des échantillons représentatifs du fourrage offert et refusé et des fèces ont été séchés à l'étuve à 80° puis mélangés avant broyage.

Tableau 9.1 - Composition chimique de quelques espèces herbacées et ligneuses en hivernage et en saison sèche

		g/kg MS	g/kg MS		p.100	g/kg MS		g/kg MS					Li/ADF p.100	g/kg MS		ppm		SMS peps. cell.	
			MO	MAT	S	MAS	CU	INDF	ADF	Hemic.	Cell.	Li.		P	Ca	Cu	Zn		
FOURRAGES VERTS	-Jeunes herbacées début d'hivernage	220	888	136	30	41	277	666	337	329	295	42	12	1,8	3,4	8,4	43	65,7	
	-Zornia glochidiata jeunes	153	833	200	23	46	218	392	302	90	230	65	21	1,8	6,9	1,4	105	64,1	
	-Graminées vertes (floraison) en septembre	304	896	95	32	30	335	606	402	204	344	58	14	1,3	4,6	8,4	36	52,4	
	-Zornia glochidiata (florai- son) en septembre	318	926	154	26	40	304	521	377	144	292	85	22	1,2	7,1	9,0	32	61,0	
PAILLES SUR PIED	Graminées	-Mélange de : Aristida mutabilis, Schoenefeldia gracilis Cenchrus sp.	902	942	31	33	10	370	739	486	253	421	65	13	0,3	2,8	4,6	20	
		-Schoenefeldia gracilis	937	949	21			372	757	483	274	438	45	9	0,1	2,3			43,3
		-Aristida mutabilis	915	959	22			362	747	487	260	451	36	7	0,2	1,9			42,0
		-Aristida stipoides	926	975	19			442	835	541	294	480	61	11	0,1	1,3			32,9
		-Aristida longiflora	929	954	30			421	824	505	319	409	96	19	0,4	1,6	2,7	14	30,6
		-Inflorescences de Ctenium elegans	911	962	21			333							0,3	2,2			
	Légumineuses	-Zornia glochidiata . novembre	909	960	98	43	42	470	665	534	131	411	123	23	0,7	4,6	6,5	28	44,6
		. janvier	962	959	79	38	30	468	690	661	129	435	126	23	0,5	4,5	5,4	21	39,9
		-Crotalaria podocarpa en novembre	892	941	126	31	39	431	655	465			101		2,7	5,2	6,5	23	
	Espèces diverses	-Spermacoe stachydea . faux capitules	924	875	56	16	9	205	440	400	40	289	111	28	0,9	5,6	6,1	34	62,1
		. plante entière	926	920	37	23	8	402	637	541	96	401	139	26	0,6	3,6	3,0	38	
		-Blepharis linariifolia - fruits	932	936	103	52	54	304	594	395	200	286	109	28	1,3	4,7	11,6	16	52,7
	ESPECES LIGNEUSES	- Feuilles : . Guiera senegalensis . décembre (Doli) . mars (Doli) . juin (Doli) . juin (Tessekré) . Combretum glutinosum (décembre) . Sclerocarya birrea (juin) . Acacia seyal (mars) . Boscia senegalensis (mars) . Balanites aegyptiaca (mars) . Calotropis procera (mars) - Fleurs : . Calotropis procera (mars) - Fruits : . Sclerocarya birrea (juin) . Boscia senegalensis (mars) - Gousses : . Acacia seyal (avril) . Acacia senegal (mars) . Acacia nilotica (Avril)		928	88	14	12	273	566	447	119	224	223	50	0,7	6,7	4,7	19	32,2
				808	94	14	13	258	458	348	109	202	147	19	1,0	2,3	9,2	38	41,1
				932	124	15	19	284	533	377	156	239	138	37	1,3	8,0			31,9
				904	130	8	10	233	461	321	140	183	138	43	1,6	12,0			35,9
			921	113	23	26	236	412	294	118	215	79	27	1,2	10,0	8,1	27	52,4	
			900	103	22	23	112	423	298	125	163	135	45	1,0	47,0	4,4	12	52,2	
			879	154	8	12	111	231	147	84	100	47	32	1,4	32,0	6,1	17	57,6	
			900	195	58	113	301	501	316	185	203	113	36	0,6	6,1	4,4	15	57,7	
			787	125	52	65	161	278	199	79	98	100	50	0,5	5,4	8,2	12	74	
			748	132	28	37	141	288	221	67	148	73	33	1,5	23,0	11,1	48	80	
			872	140	56	78	139	207	186	20	133	53	28	3,9	9,1	8,4	37	89	
			885	133	38	50	154	333	335	135	?	200	60	2,7	4,6	11,8	43	60,1	
			952	187	67	125	212	575	213	362	153	60	28	1,3	1,4	3,6	25	58	
			921	104	39	41	317	506	403	103	290	113	28	1,7	1,8	6,6	16	45,5	
			913	199	58	116	304	487	354	135	243	110	31	2,1	1,5	6,5	22	59	
			950	121	30	36	154	247	191	56	132	59	31	1,8	4,7	6,0	30		

IX.1.3. Analyses

Les méthodes d'analyse utilisées sont celles de l'AFNOR et de la CEE pour les aliments du bétail et celles du BIPEA pour les dosages particuliers.

Les dosages pratiqués sur les fourrages et les fèces recueillis lors des essais de digestibilité sont :

- la matière sèche (étuve à 103°C pendant 24 heures)
- les cendres ou minéraux totaux (incinération à 550°C pendant 6 heures)
- la silice (insoluble chlorhydrique)
- les matières azotées totales (MAT : N de KJELDAHL x 6,25)
- la cellulose brute (CB : méthode de WEENDE)
- les constituants pariétaux par la méthode de GOERING et VAN SOEST (1970) : le NDF (neutral detergent fiber), l'ADF (acid detergent fiber), la lignine. Les teneurs en hémicellulose et cellulose sont calculées respectivement par les différences : NDF - ADF et ADF - Li.

Certaines analyses ne concernaient que les fourrages ; il s'agit de :

- la solubilité des matières azotées dans une solution tampon (méthode de DURAND décrite par VERITE et DEMARQUILLY - 1978)
- pour les ligneux, la digestibilité pepsique des matières azotées (AFNOR 1977)
- l'estimation de la digestibilité de la matière sèche et de la matière organique par la méthode "pepsine cellulase" (AUFRERE 1982).
- le dosage des minéraux. Le phosphore est dosé par réactif vanado-molybdique, le potassium et le sodium le sont par photomètre de flamme, le calcium, le magnésium, le cuivre, le zinc et le fer par absorption atomique (1).

IX.2 - RESULTATS

IX.2.1. Composition chimique et dégradabilité enzymatique des principaux types de fourrages

Le tableau 9.1 présente la composition chimique de quelques espèces caractéristiques ou importantes. Une attention plus particulière a été portée à la teneur en azote, à sa solubilité et à la composition de la fraction pariétale (figures 9.1 à 9.4).

a) Graminées

La teneur en MAT des graminées est maximale (140 g/kg MS) au stade végétatif ; elle diminue rapidement et après 30 à 50 jours, elle est en septembre, de l'ordre de 100 g/kg MS au stade floraison.

A l'état de paille, dès novembre-décembre, les graminées ont une teneur en MAT de 30 à 50 g/kg MS qui diminue sensiblement jusqu'en juin ; les minima observés peuvent être alors de 20 g/kg MS. Quel que soit le stade, la solubilité de l'azote est proche de 30 p.100.

(1) Seuls les résultats relatifs à P, Ca, Cu et Zn, objets des principales carences en zones sahélienne et soudanienne ont été rapportées ici

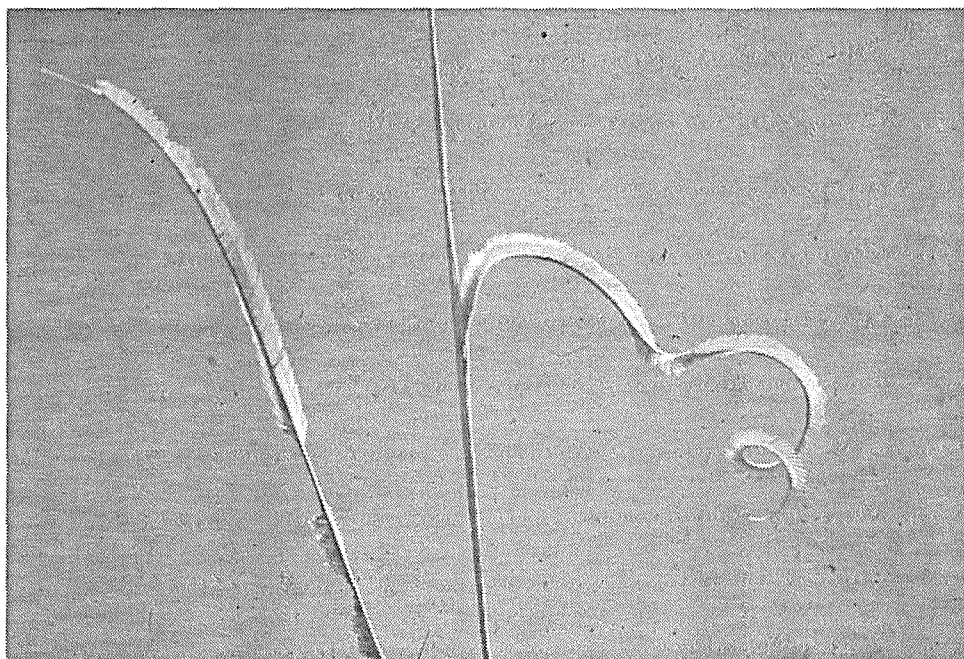
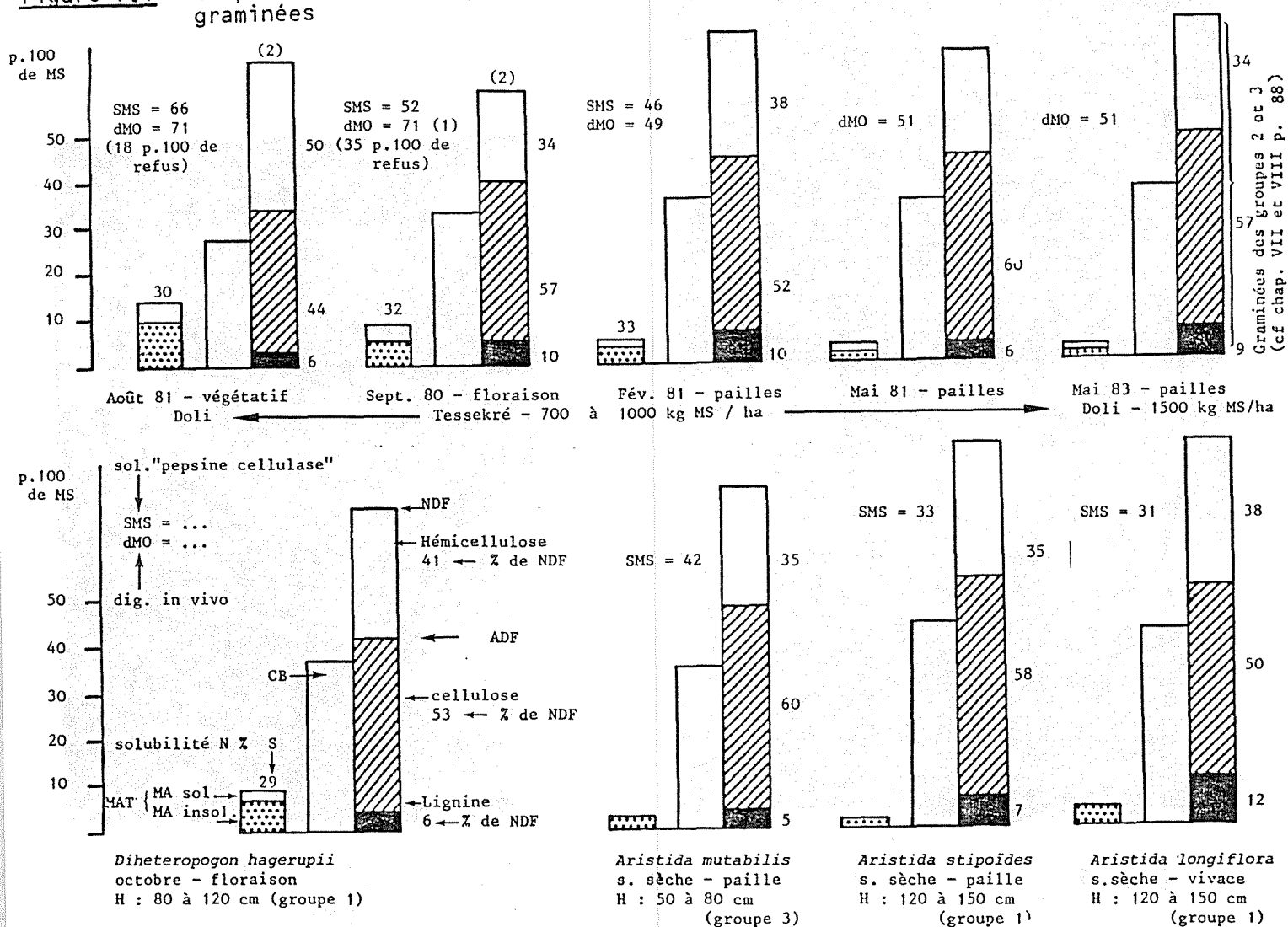


Photo 9.4 - Epis de *Ctenium elegans*
(Cliché FRIOT 1982)

Figure 9.1 - Composition chimique, digestibilité et solubilité pepsine-cellulase de quelques graminées



(1) : résultat non retenu pour la mise au point des modèles de prévision de dMO (cf § IX.2.4.)

(2) : les échantillons proviennent de deux pâturages différents (Doli 81 qui a produit 2000 kg MS/ha en fin de saison des pluies Teseckré 80 dont la production a été plus faible) : les différences entre les teneurs en MAT des mois d'août et septembre sont conformes à l'évolution habituelle des fourrages au cours de leur croissance ; par contre, la différence entre pâturages masque l'évolution dans le temps des teneurs en constituants pariétaux. Il aurait fallu procéder à une série de prélèvements périodiques sur chaque parcours. Cet exemple montre les risques liés à la généralisation abusive des résultats d'analyse

Il y a peu de différences entre espèces et en fonction des niveaux de production : les pailles de graminées ont eu des teneurs en azote proches à Teseckré en 1980 (1 000 kg MS/ha), à Vindou Tiengoli en 1982 (500 kg MS/ha) et à Doli en 1982 (1 500 à 2 000 kg de MS/ha) (figure 8.2 p. 101 et p.119).

Les graminées ont les plus fortes teneurs en constituants pariétaux (NDF), particulièrement en hémicellulose, mais, comparées à celles des autres familles, les teneurs en lignine sont peu élevées. Ces dernières varient toutefois comme la solubilité "pepsine-cellulase", d'une espèce à l'autre, corrélativement à la taille de la plante (exemple de trois espèces d'*Aristida* figure 9.1).

La solubilité "pepsine cellulase" (SMS) varie de 65 p.100 pour les jeunes graminées à 45 p.100 pour les pailles fines et à 30 p.100 pour les pailles plus grossières.

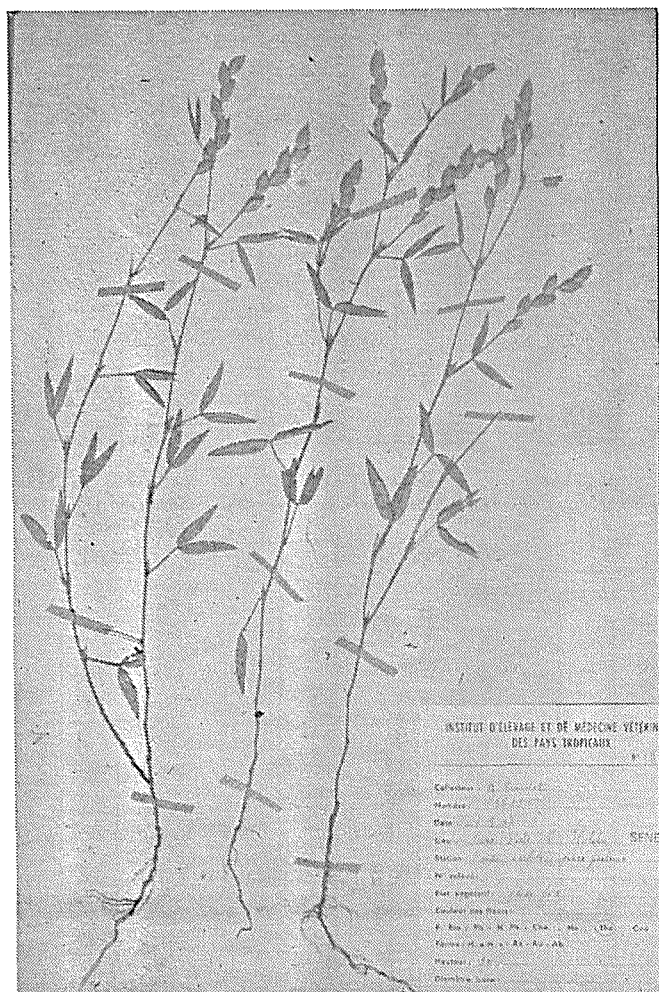


Photo 9.5 - *Zornia glochidiata*
au stade fructification
(Cliché FRIOT 1982)

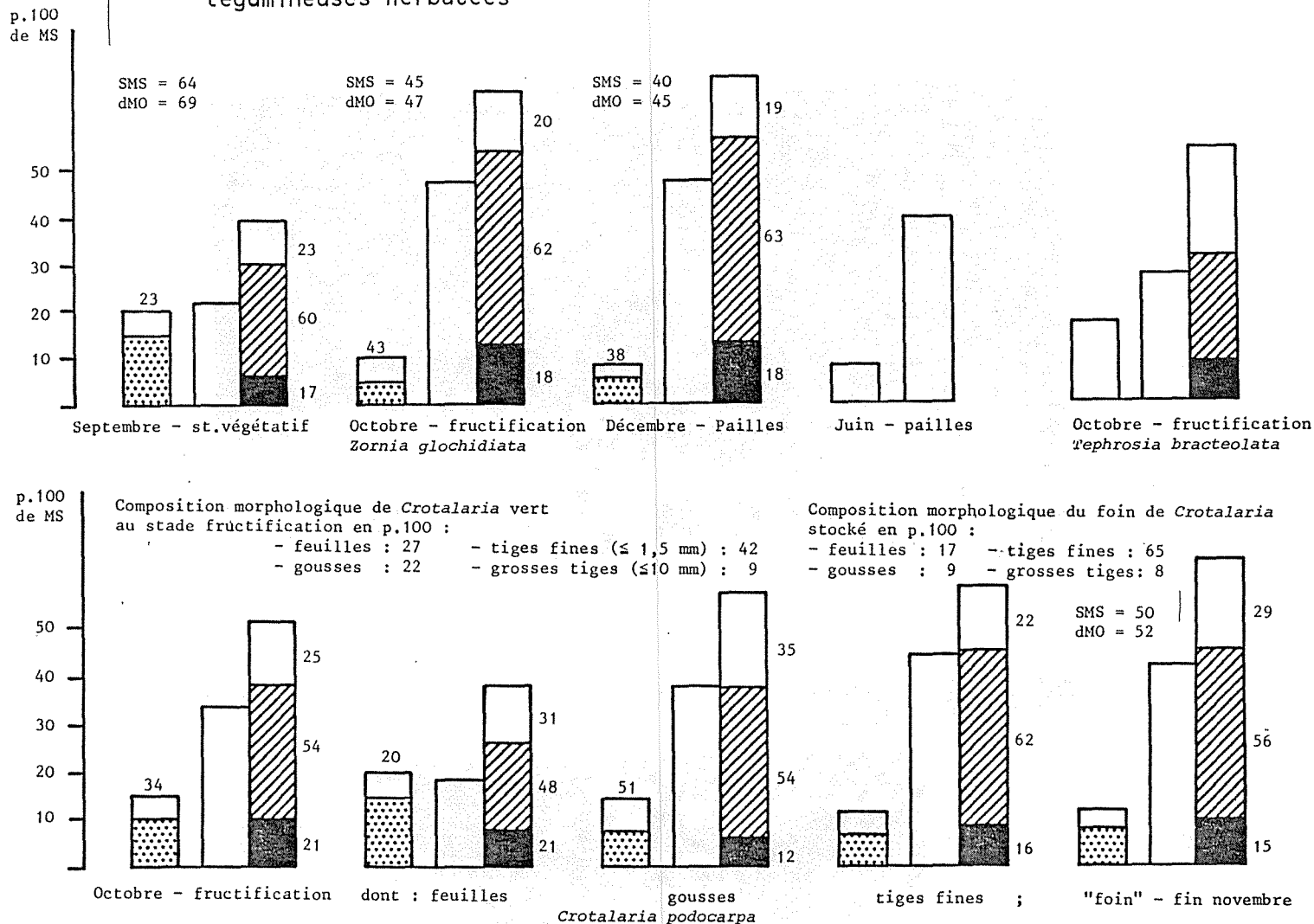


Photo 9.6 - *Crotalaria podocarpa*
au stade floraison
(Cliché DE WISPELAERE - PEYRE DE
FABREGUES - Niger)



Photo 9.7 - Feuilles et gousses de *Crotalaria podocarpa*
(Cliché DE WISPELAERE - PEYRE DE FABREGUES - Niger)

Figure 9.2 - Composition chimique, digestibilité, solubilité pepsine cellulase de trois légumineuses herbacées



b) Légumineuses

La principale légumineuse rencontrée dans les pâturages étudiés est le *Zornia glochidiata*, plante dressée de 15 à 30 cm.

Comme toutes les légumineuses, elle se différencie des graminées par des teneurs en azote plus élevées : 200 g de MAT/kg MS au stade végétatif, 80 g/kg MS à l'état de paille même après la chute des feuilles. La solubilité de l'azote, de 20 p.100 au stade jeune (prédominance des feuilles), atteint 40 p.100 dans les pailles constituées principalement de tiges.

Les teneurs en constituants pariétaux (NDF) sont moins élevées que dans les graminées surtout aux stades jeunes. L'hémicellulose n'en constitue que 20 p.100 contre 35 à 50 p.100 pour les graminées ; inversement, les teneurs en lignine sont plus élevées et atteignent 12 p.100 de MS dans les pailles.

Comme pour les graminées, la solubilité "pepsine cellulase" est de 65 p.100 au stade végétatif et de 40 à 45 p.100 pour les pailles.

D'autres légumineuses ont été analysées, par exemple : le *Tephrosia bracteolata*, plante au port rampant, récoltée sur des terrains plus humides au Sine-Saloum. Il est plus riche en hémicellulose (40 p.100 des constituants pariétaux) et plus pauvre en cellulose que le *Zornia*. Il ne faut donc pas généraliser les résultats obtenus sur une espèce à l'ensemble de la famille d'autant plus que la composition chimique est surtout fonction du développement relatif des différents organes (tiges - feuilles - fruits), paramètre très variable d'une espèce à l'autre.

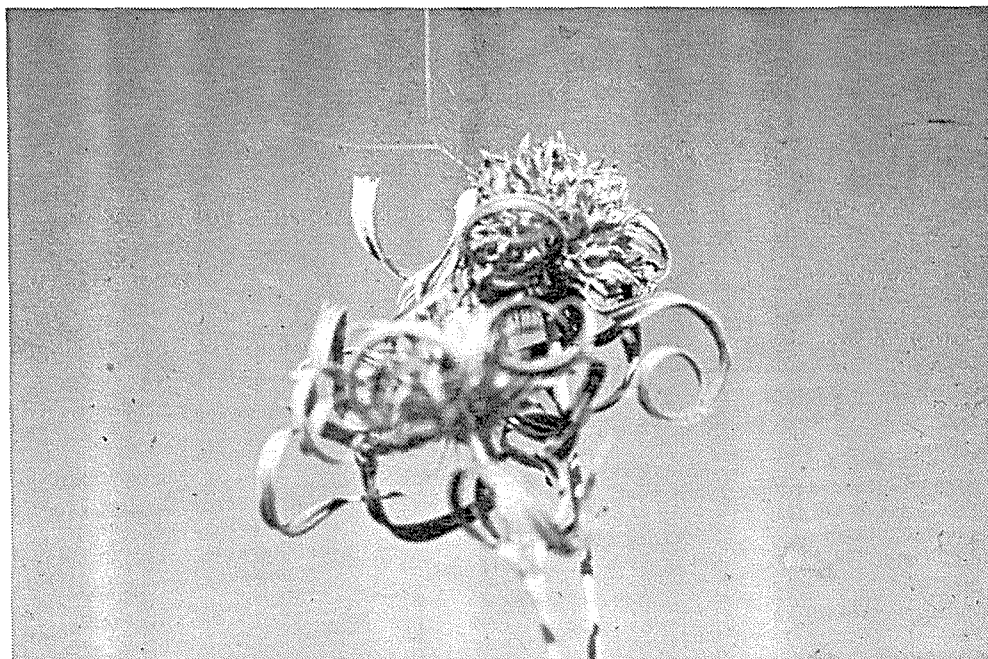
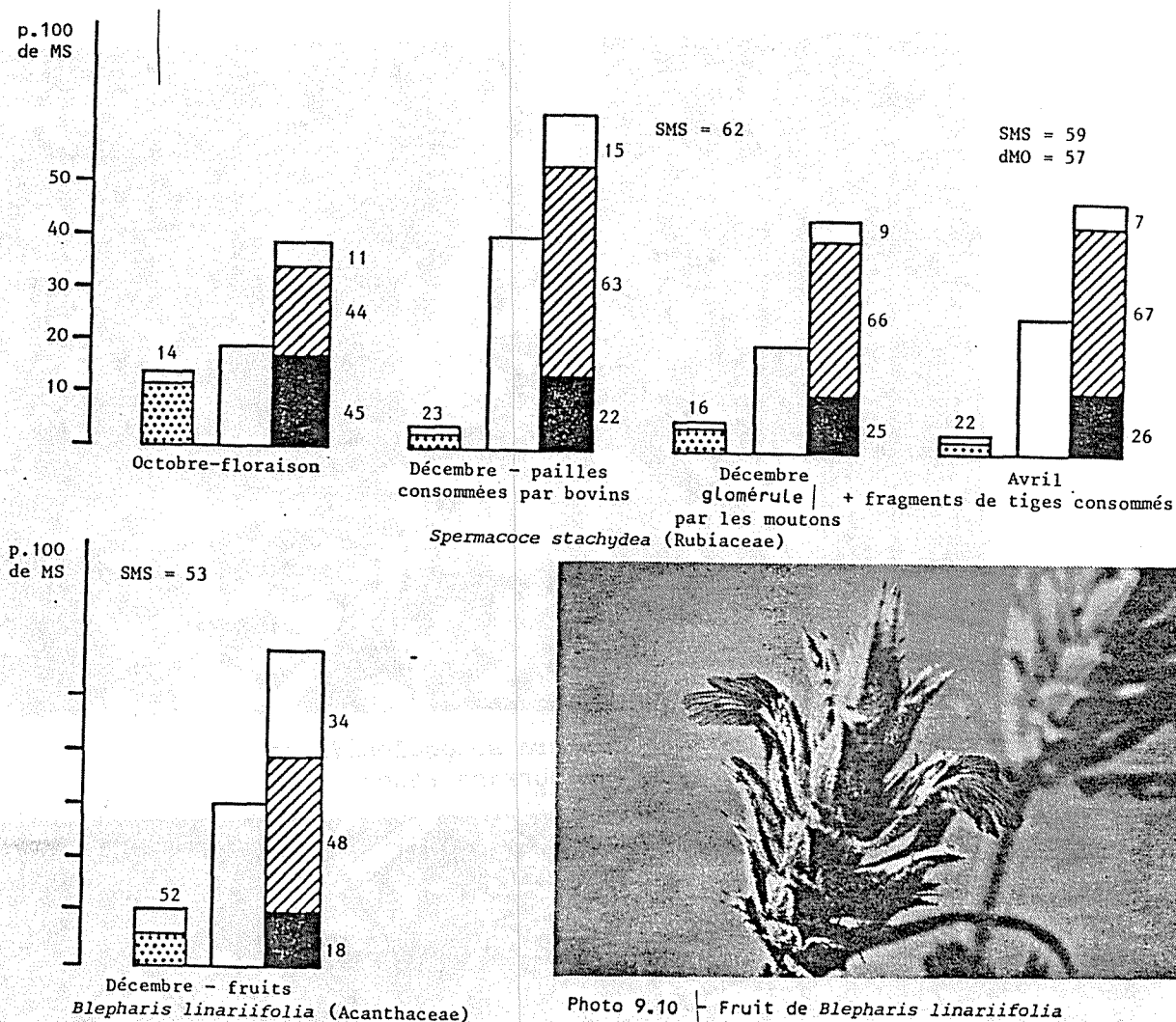


Photo 9.8 - *Spermacoce stachydea* : glomérule au stade "grains"
(Cliché FRIOT 1982)



Photo 9.9 - *Blepharis linariifolia* au stade fructi-
fication
(Cliché DE WISPELAERE - PEYRE DE FABREGUES)

Figure 9.3 - Composition chimique, digestibilité, solubilité pepsine cellulase de deux dicotylédones herbacées



A ce titre, *Crotalaria podocarpa*, légumineuse au port dressé de 50 à 60 cm a été analysée en détail au stade fructification. Dans aucun des organes, la teneur en MAT n'est inférieure à 100 g/kg MS mais dans tous, y compris les feuilles et les gousses, la teneur en lignine est supérieure à celle des pailles de graminées.

La composition des pailles de *Crotalaria*, fin novembre, alors qu'une partie des feuilles est tombée, est proche de celle des tiges fines de cette espèce (diamètre inférieur à 1,5 mm) ; c'est d'ailleurs sous cette forme que les légumineuses sont consommées en saison sèche par les bovins et par les ovins dès qu'ils ont fini de glaner les feuilles tombées au sol.

c) Autres herbacées

Les espèces volubiles ou dressées entrant dans le régime des animaux sont nombreuses. La plus importante fut à Doli le *Spermacoce stachydea*, plante dressée dont les feuilles opposées sont concentrées vers le bout de la tige et mélangées aux fruits, formant ainsi un glomérule.

Au stade floraison, sa teneur en MAT est de 14 p.100 et celles-ci sont très peu solubles (14 p.100). Les constituants pariétaux sont très rapidement et fortement lignifiés (lignine : 17 p.100 de MS ou 45 p.100 de NDF).



Photo 9.11 - *Guiera senegalensis* en fleurs
(Cliché TIQUET - Burkina Faso)

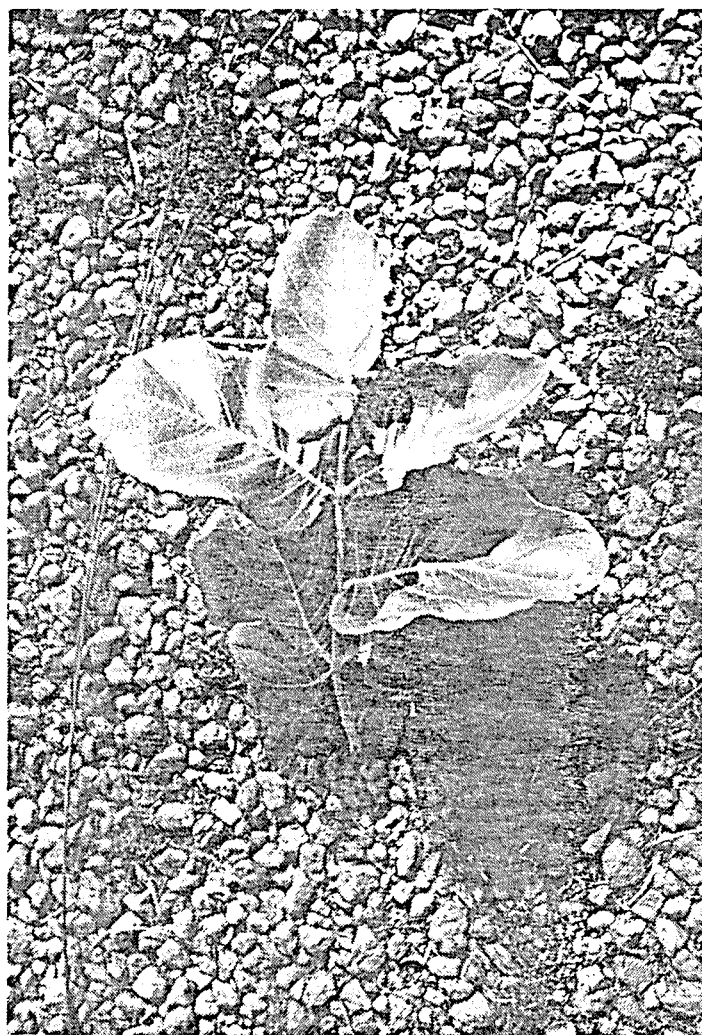
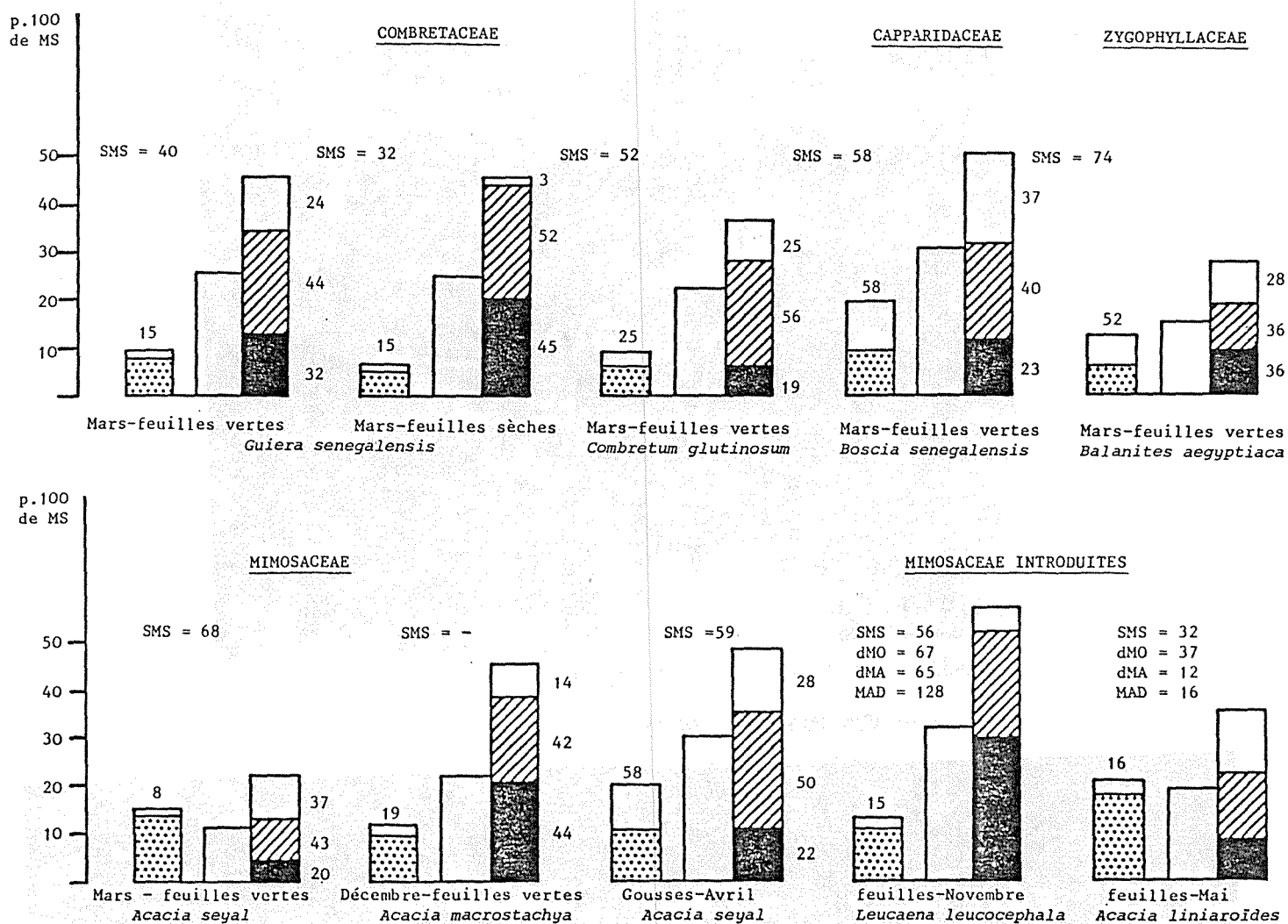


Photo 9.12 - *Combretum glutinosum* (jeune pied)
(Cliché TIQUET - Burkina Faso)



Photo 9.13 - *Boscia senegalensis*
(feuilles et fruits)
(Cliché TIQUET - Burkina Faso)

Figure 9.4 - Composition chimique, digestibilité, solubilité pepsine-cellulase de quelques fourrages ligneux



A l'état de paille, la teneur en MAT est faible (4 p.100 de MS), celle en constituants pariétaux, comparable à celle des légumineuses, est plus élevée mais ils ne sont pas plus lignifiés qu'au stade floraison.

Les ovins ne "cueillent" sur ces pailles que la partie terminale de la tige qui porte les feuilles et les fruits.

La teneur en MAT de cette partie de la plante n'est guère plus élevée mais celle en tissus pariétaux (CB ou NDF) est plus faible. La solubilité "pepsine-cellulase" de ces organes, proche de 60 p.100 et la dMO *in vivo* (57 p.100) sont supérieures à celles des pailles de légumineuses et de graminées.

Les fruits de *Blepharis linariifolia*, très recherchés par les petits ruminants et pouvant être localement abondants, constituent un autre exemple de la diversité des ressources fourragères du tapis herbacé. Leur teneur en MAT de l'ordre de 100 g/kg MS est supérieure à celle de la plupart des autres espèces, par contre ils sont plus riches en parois que le *Spermacoce* et la solubilité pepsine-cellulase est plus faible, quoique supérieure à celle des pailles de graminées ou de *Zornia*.

d) Ligneux

La diversité des compositions chimiques des ligneux est encore plus grande que pour la végétation herbacée (figure 9.4).

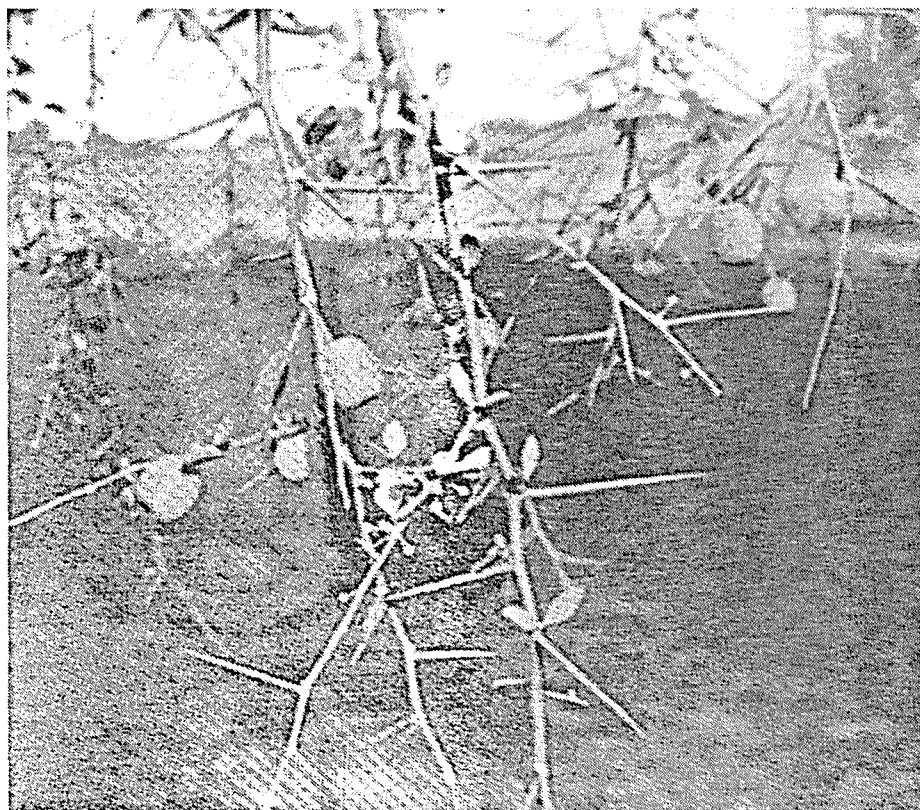


Photo 9.14 - *Balanites aegyptiaca* - feuilles - épines - fruits
(Cliché VON MAYDELL 1983)

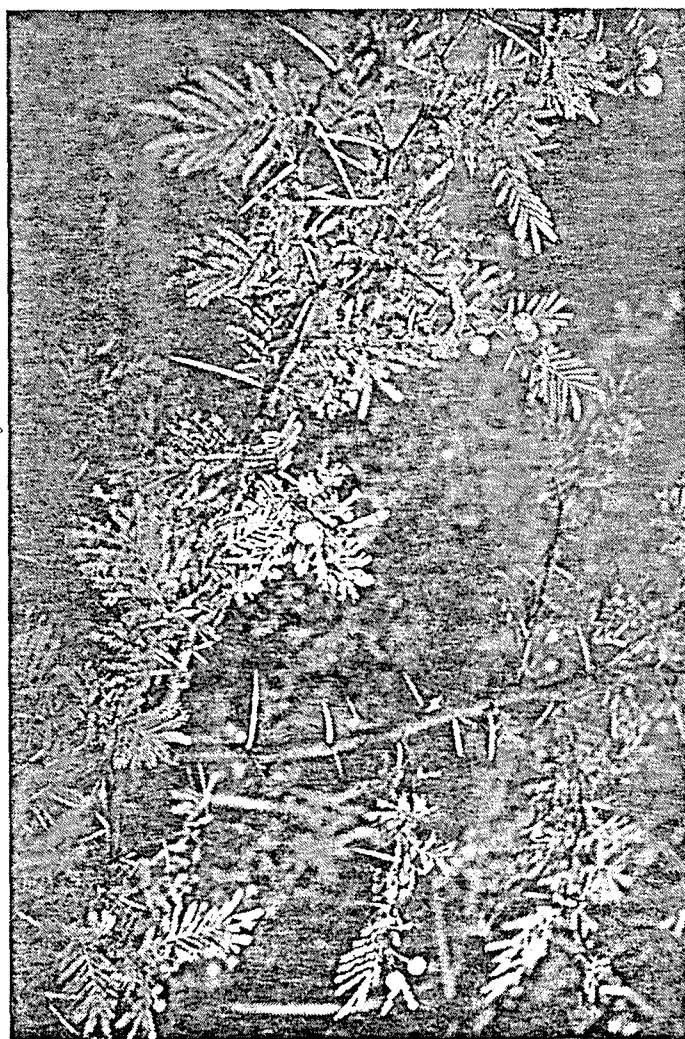


Photo 9.15 - *Acacia seyal* (floraison)

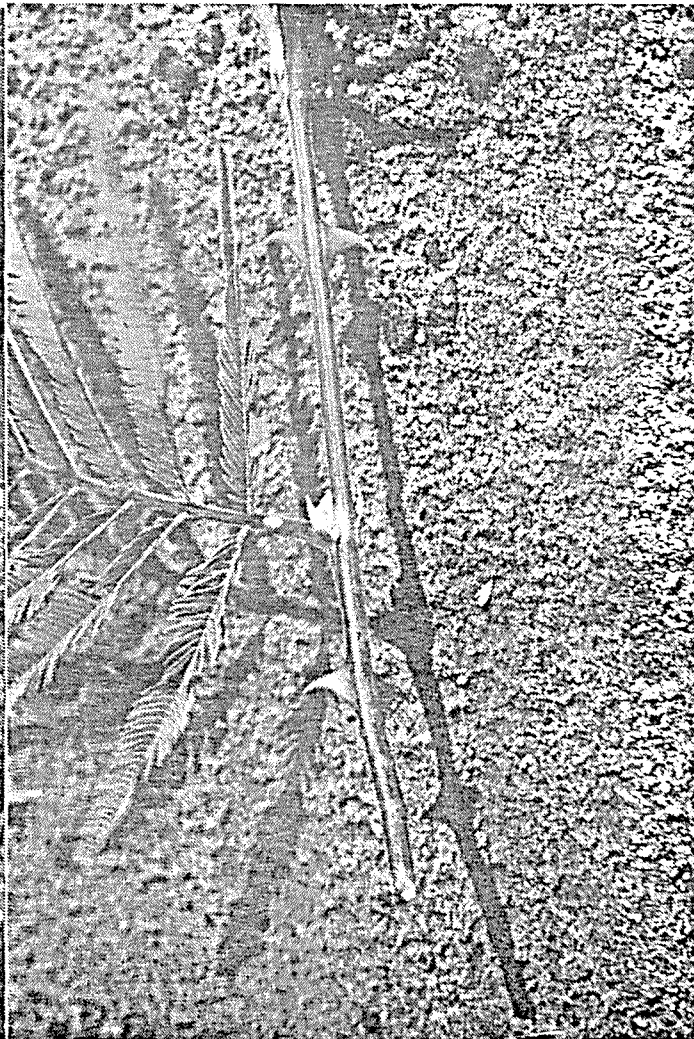


Photo 9.16 - *Acacia macrostachya*
(Clichés TIQUET - Burkina Faso)

Les feuilles de *Guiera senegalensis*, principale espèce ligneuse de Doli, ont une teneur en MAT inférieure à 10 p.100 de MS et des feuilles très lignifiées contrairement à ce que leur aspect (petites et fines) pourrait laisser penser. Ces caractères s'accroissent quand les feuilles vieillissent et la digestibilité pepsine-cellulase des feuilles âgées est faible (32 p.100).

Inversement, les feuilles de *Combretum glutinosum*, d'aspect pourtant plus grossier, contiennent deux fois moins de lignine et sont plus digestibles (solubilité pepsine cellulase : SMS = 52 p.100).

De telles comparaisons pourraient être faites pour toutes les familles, y compris celles des *Mimosaceae* (*Acacia*...) ; deux cas extrêmes sont présentés ici : celui de l'*Acacia seyal*, très répandu au Sénégal, portant des feuilles et des gousses ayant une bonne valeur nutritive (d'après les mesures *in vitro*) mais qui est peu productif et celui de l'*Acacia linarioides*, espèce australienne ayant une croissance rapide et produisant un fourrage abondant mais dont la valeur nutritive est pratiquement nulle.

D'autres familles que les *Mimosaceae* peuvent produire un fourrage de qualité : les feuilles de *Balanites aegyptiaca* (*Zygophyllaceae*, épineux) très appréciées par les petits ruminants ont une digestibilité élevée (SMS = 74 p.100) et sont riches en MAT (125 g/kg MS) très solubles (> 50 p.100). Le *Boscia senegalensis*, autre espèce appréciée aussi bien par les petits ruminants que par les bovins, produit des feuilles et des fruits de valeur nutritive élevée.

Il est inutile de poursuivre plus loin cette énumération destinée à expliquer l'hétérogénéité de la production fourragère ligneuse. Des travaux sont en cours pour mieux caractériser la valeur nutritive de ces ligneux à partir de critères chimiques et de tests de solubilité enzymatiques (KONE 1987) ; des mesures *in vivo* sur les espèces les plus importantes serviront de référence pour estimer la valeur nutritive à partir des mesures au laboratoire.

La notion de valeur alimentaire pourra alors intervenir, en plus de celle d'appétabilité, dans le choix des espèces ligneuses à développer dans le cadre des opérations de reboisement.

Conclusion de IX.2.1

Disposant des résultats de mesure de la solubilité pepsine-cellulase (SMS) pour l'ensemble de ces fourrages chimiquement très hétérogène (tableau 9.2), nous avons étudié les liaisons entre SMS, estimateur de la valeur nutritive d'une part et les teneurs en MAT et en constituants pariétaux d'autre part.

Ces relations sont peu précises. Par exemple, pour 24 échantillons (13 herbacés et 14 ligneux)*:

$$\text{SMS} = 0,059 \text{ NDF} - 0,146 \text{ Li} + 98,23 \pm 9,43 \quad r = 0,793$$

SMS en p.100, NDF et Li en g/kg MO

* Cette répartition donnant autant de poids aux herbacées qu'aux ligneux pourrait correspondre à un régime de caprins ou même d'ovins (chapitre VIII).

Tableau 9.2 - Valeurs extrêmes des teneurs en MAT, CB, NDF, ADF, Li, Hémicellulose, cellulose, de la solubilité de l'azote et de la solubilité pepsine-cellulase des fourrages disponibles sur les pâturages sahéliens en saison sèche

	en g/kg MS							S en p.100	SMS pepsine cellul.
	MAT	CB	NDF	ADF	Li	Hemic.	Cellul.		
	minima	20	110	207	147	36	40	100	16
maxima	200	470	835	541	223	362	420	58	89

Tableau 9.3 - Corrélations entre les analyses chimiques et la solubilité pepsine cellulase de fourrages herbacés et ligneux

en g/kg MO	SMS en p.100		
	Herbacées n = 13	Ligneux n = 14	Ensemble n = 27
MAT	0,682	0,360 NS	0,630
CB	- 0,793	- 0,582	0,490
NDF	- 0,838	- 0,749	- 0,594
ADF	- 0,730	- 0,762	- 0,673
Li	0,012 NS	- 0,726	- 0,643
Hemicel.	- 0,494 NS	- 0,311 NS	- 0,405
Cell.	- 0,839	- 0,614	- 0,525

Si les résultats sur les herbacées et sur les ligneux sont traités séparément, la précision est un peu améliorée pour les herbacées mais pas pour les ligneux :

. herbacées: n = 13

$$\text{SMS} = - 0,074 \text{ NDF} + 97,6 \quad r = - 0,833$$

$$\text{SMS} = - 0,125 \text{ Cell.} + 95,7 \pm 6,8 \quad r = - 0,839$$

$$\text{SMS} = - 0,107 \text{ CB} + 87,8 \quad r = - 0,793$$

ou encore

$$\text{SMS} = 0,142 \text{ MAT} + 38,55 \quad r = 0,682$$

Les coefficients des équations de régression multiple calculés n'étaient pas significatifs.

. ligneux : n = 14

$$\text{SMS} = - 0,147 \text{ ADF} + 98,2 \pm 11,7 \quad r = 0,762$$

$$\text{SMS} = - 0,268 \text{ Li} + 84,0 \quad r = 0,720$$

Comme pour les herbacées, les régressions multiples n'étaient pas significatives.

Pour les fourrages herbacés, les teneurs en MAT et en constituants pariétaux sont significativement corrélées à SMS mais les équations de régression reliant SMS à la composition chimique sont peu précises.

La SMS des ligneux semble indépendante de leur teneur en MAT et en CB ; seuls les constituants pariétaux déterminés par la méthode de VAN SOEST lui sont corrélés significativement mais les liaisons sont lâches et les équations reliant ces paramètres peu précises.

Ces premiers résultats laissent présager qu'il sera très difficile de mettre au point des équations simples de prévision de la valeur nutritive des régimes ingérés au pâturage, qui sont, nous l'avons vu, très diversifiés floristiquement.

Tableau 9.4 - Valeur alimentaire des fourrages des pâturages naturels sahéliens et soudano-sahéliens au Sénégal estimée à partir d'essais de digestibilité in vivo sur moutons

Fourrage : - famille dominante - stade - complémentation - etc.,	Périodes	Station (1)	Nombre essais	MS en g/kg	Composition chimique fourrage consommé g/kg MS								P ₁₀₀		/kg MS		UF Leroy	MSVI (2)				MODI	
					MM	MAT	CB	NDF	ADF	LI	Hemicel	Cell.	dMS	dMC	MAD g	MOD g		g/100 kg PV		g/kg P ₀₋₇₅			
																		0	B	0	B		0
GRAMINEES																							
1. - stade végétatif	août	Do1	1	220	112	136	270	667	332	43	335	289	68,2	70,8	91	629	0,73	2990	2400	70	96	44	
2. - floraison	septembre	Te-Do1	2	311	85	128	309	546	378	67	168	311	66,9	69,8	91	639	0,73	2905	2365	68	94	43	
3.a- fructification-dessication	octobre	Do1	1	532	46	90	416	676	489	108	187	381	54,4	57,7	50	550	0,54	2435	2112	57	84	32	
b-	novembre	Sa(30j)	6	212	108	105	352	690	379	40	311	339	56,2	60,4	65	539	0,57	1410	1560	33(3)	62		
	"	"		1636	8	164	1391	1777	1460	180	317	380	141,7	145,3	132	1404	10,25	12135	1936	150	177		
4. - foin (de 1968 à 1982)	octobre	B-Do-La	7	876	80	56	417	-	-	-	-	-	50,1	50,7	18	466	0,38	2050	1910	48	75	22	
	novembre	Sa-Te-Do		17(4)	28	15	41						3,4	3,9	13		0,08					3	
5.a- pailles : saison sèche fraîche	décembre	Te-Do1-	4	954	39	54	422	760	515	96	245	419	44,7	47,0	13	452	0,36	2350	2060	55	82	25	
	+février	Da		8	17	14	42	29	39	19			3,7	2,9	13		0,05			3		1	
b- saison sèche chaude	mars	T-Do1-	4	934	45	31	370	731	476	53	255	423	44,3	48,1	-10	459	0,37	1970	1860	46	74	21	
	+juin	Do2		24	11	8	12	45	18	8			3,9	3,8	5		0,07			2		2	
c- complémentées avec du tourteau d'arachide (8 p.100 de la ration)	février	Te-Do1	7	931	44	69	361	721	463	55	258	408	48,4	51,6	30	493	0,43	2650	2210	62	88	30	
d- complémentées avec feuilles de Guiera senegalensis (20 p.100 de la ration)	+juin			14	9	10	16	14	12	10			2,5	2,9			0,06			4		3	
6. - mélange de pailles mouillées (63 p.100 de la ration) et d'herbe jeune (37 p.100) en début d'hivernage	juin	Do1	2	892	67	61	368	688	516	96	172	420	45,1	47,5	10	443	0,34	2050	1910	48	76	21	
	juillet	Do1	1	433	86	70	359	718	476	63	242	413	41,5	49,4	27	452	0,36	2180	1960	51	78	23	
	août																						
LEGUMINEUSES																							
7. - stade végétatif (<i>Zornia glochidiata</i>)	septembre	Do2	1	153	135	208	222	395	308	66	87	242	52,8	68,7	154	594	0,68	2820	2314	66	92	39	
8. - fructification (<i>Crotalaria podocarpa</i>)	octobre	Sa	1	300(5)	56	143	402	633	436	97	197	339	49,1	51,9	87	490	0,44	2735	2263	64	90	32	
9. - paille (<i>Zornia glochidiata</i>)	nov-déc.	Do2	2	935	40	92	469	668	537	111	131	426	45,4	46,1	47	443	0,33	2395	2062	56	83	25	
AUTRES FAMILLES																							
10.- faux capitules de <i>Spergularia stachyodes</i> avec pédoncules	avril	Do2	1	937	166	36	264	478	440	125	38	315	56,3	56,8	-5	474	0,41	2050	1910	48	76	32	
MELANGES DE FAMILLES																							
11.- floraison	septembre	Do2-Do3	2	266	124	72	325	569	430	84	139	346	62,4	66,0	24	578	0,63	2435	2110	57	84	33	
12.- fructification	octobre	Do2	1	360	88	71	330	530	430	91	100	339	55,4	57,7		526	0,54	3205	2510	75	100	39	
13.- paille	déc-avril	Do2	7	947	59	35	420	730	527	84	203	443	41,8	43,9	-6	413	0,32	2135	1935	50	77	21	
				8	5	41	30	24	26	26			4,8	4,3	x		0,09			4		2,5	
14.- collecte du berger (chap. VI et X)	juin	Do2	4	880	62	57	386	702	526	98	176	428	47	49,7	8	466	0,39	1970	1860	46	74	21	
				14	13	8	22	27	23	12			3,0	3,3	10		0,05			2		1	

(1) Te : Tessekré 1980-1981 ; Do1, Do2, Do3 : Doli 1981-1982, 1982-1983, 1983 ; Ba : CNRA de Bambey (Bassin arachidier) 1977 ; Da : CRZ de Dahra (Ferlo) 1977 ; La : forage de Lagbar (Ferlo) 1980 ; Sa : ferme de Sangalkam (région du Cap Vert) 1972 ; Sa (30 j) : *Pennisetum pedicellatum* de la ferme de Sangalkam en phase de dessication étudié en continu pendant 30 jours du 15.10.83 au 15.11.83. (+ : valeurs extrêmes)

(2) Les MSVI (0)/kg P⁰⁻⁷⁵ ont été mesurées sur des moutons. Pour les bovins, les MSVI (B) ont été estimées à partir des MSVI (0) d'après l'équation établie par L'INRA (1978) pour les bovins en croissance ou à l'engraissement :

$$MSVI (B) = 0,919 MSVI (0) + 31,42 \quad r = 0,93 \quad n = 71$$

Les MSVI / 100 kg PV d'un usage plus courant en Afrique tropicale ont été calculées pour des moutons et des bovins pesant respectivement 30 et 250 kg de poids vif.

(3) Ces valeurs très faibles sont données à titre indicatif ; *Pennisetum pedicellatum* est une graminée peu appréciée à l'auge comme au pâturage au stade où nous l'avons étudiée.

(4) Ecart-type calculé à partir de 4 essais.

(5) Cette teneur en matière sèche a été déterminée lors de la fauche de *Crotalaria* qui a été récolté et distribué aux moutons à l'état de foin.

IX.2.2. Variations saisonnières de la composition et de la valeur nutritive du tapis herbacé

Le nombre d'essais de digestibilité *in vivo* était trop restreint (54 au total en comptant les foins, les pailles complémentées...) pour permettre l'analyse de tous les facteurs (productivité, famille botanique, saison, etc...) faisant varier la valeur nutritive des fourrages.

Les résultats ont cependant été regroupés en fonction des familles dominantes dans les fourrages et par saison (tableau 9.4). Ces regroupements correspondent à des similitudes intragroupes et à des différences intergroupes au niveau de la composition chimique. Les résultats de digestibilité, par contre, ne permettent pas de faire de distinction entre les différentes familles botaniques. On tentera cependant pour les graminées, sur lesquelles on dispose de plus de résultats, d'étudier quelques facteurs de variation de la digestibilité.

Remarque préliminaire :

Les résultats d'analyse présentés correspondent à la composition chimique du fourrage consommé, calculée à partir de celles du fourrage distribué et refusé. Ce mode de présentation des résultats est lié au souci de caractériser les fourrages effectivement ingérés par les animaux pour se rapprocher des conditions du pâturage. Cependant, malgré l'importante possibilité de tri (30 p.100 de refus) qui était laissée aux animaux, les différences entre les compositions de l'offert et du consommé sont très faibles et non significatives (tableau 9-5) :

Tableau 9-5 : Différences entre la composition chimique du fourrage offert (o) et celle du fourrage consommé (c) lors des essais de digestibilité *in vivo*

	Saison des pluies	Saison sèche
Nombre d'essais	n = 9	n = 32
g/kg MS		
MAT _c - MAT _o	\bar{X} 6	\bar{X} 1
	S 5	S 3
cB _c - cB _o	\bar{X} -14	\bar{X} -5
	S 11	S 16
NDF _c - NDF _o	\bar{X} -26	\bar{X} -6
	S 24	S 20
ADF _c - ADF _o	\bar{X} -15	\bar{X} -7
	S 12	S 15
Li _c - Li _o	\bar{X} -2	\bar{X} -4
	S 4	S 7

Ces résultats ne sont pas surprenants car le tri des moutons a des effets contradictoires sur la composition chimique du régime : par exemple pour les mélanges, le choix par les moutons des organes les moins lignifiés (feuilles, inflorescences) des graminées est compensé par leur préférence pour les légumineuses dont tous les organes sont plus lignifiés que ceux des graminées.

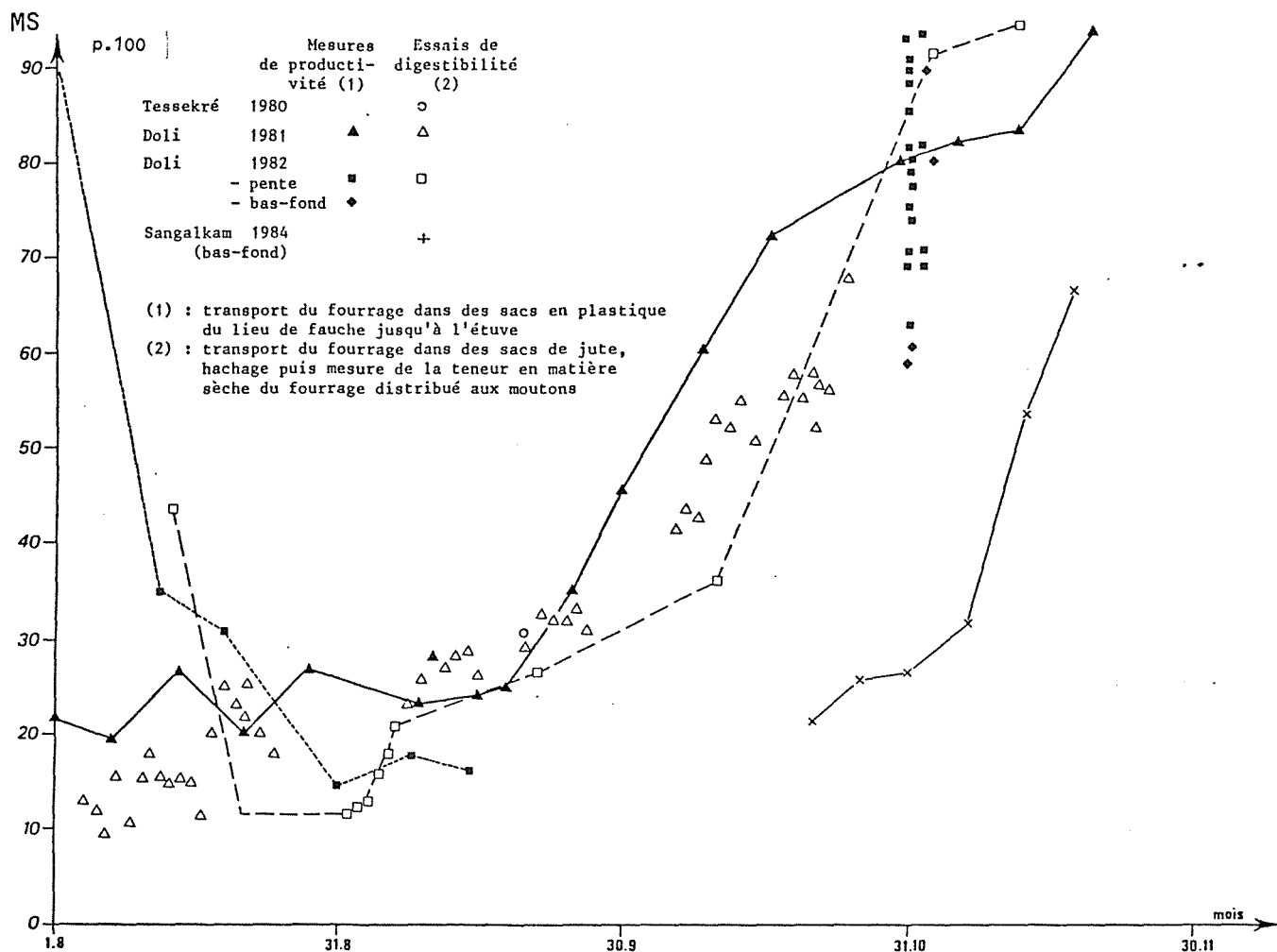


Figure 9.5 - Teneurs en matière sèche des fourrages herbacés de zone sahélienne en saison des pluies et en début de saison sèche

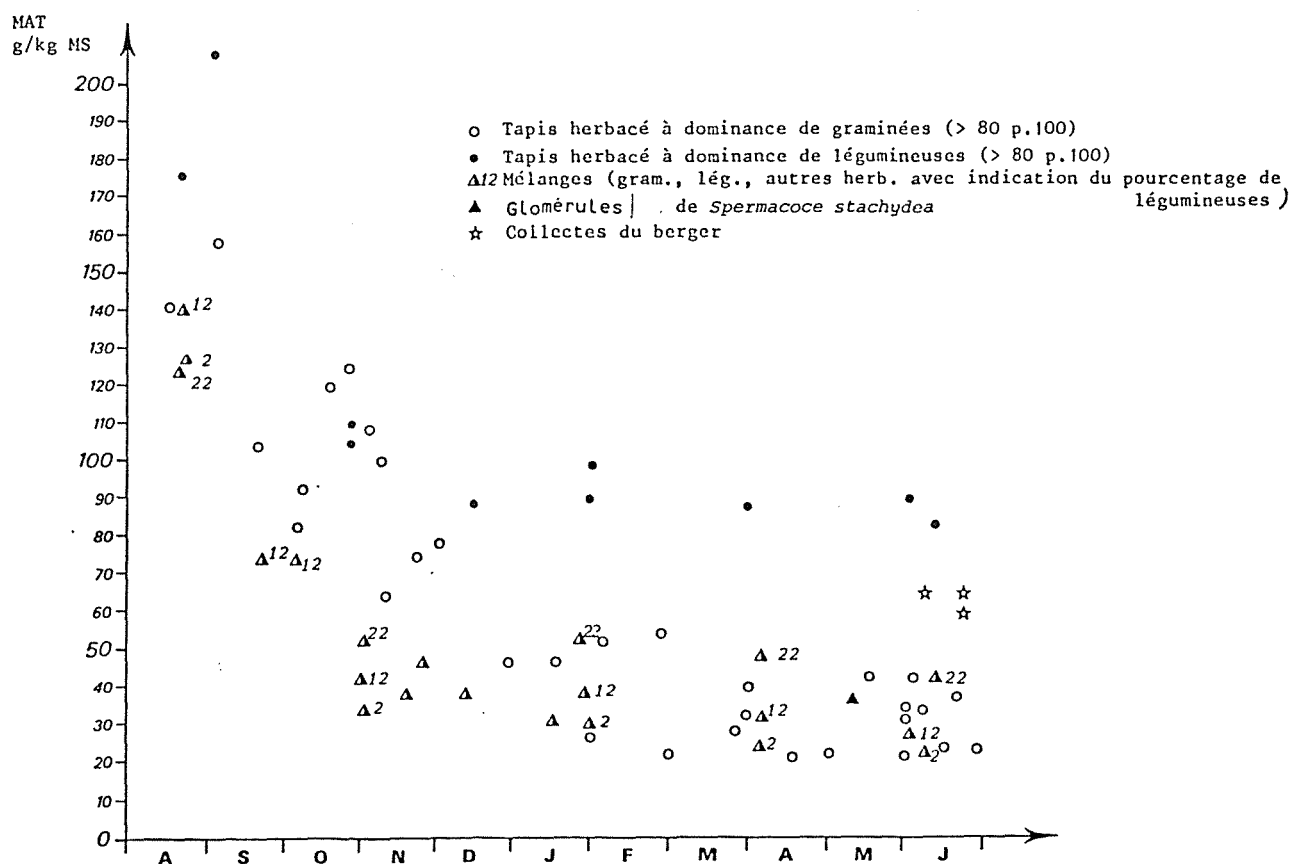


Figure 9.6 - Teneurs en matières azotées (MAT) des fourrages récoltés à Tessekré, Doli et Vindou Tiengoli en fonction de leur composition botanique et du mois

a) Teneur en matière sèche (figure 9-5)

La teneur en matière sèche des fourrages est comprise entre 15 et 20 p.100 en début de saison des pluies. La dessiccation est fonction du cycle pluvial. Elle est très rapide dans les jours qui suivent les dernières pluies, sauf dans les bas-fonds qui retiennent l'humidité plus longtemps. Nous verrons combien est rapide l'évolution de la composition chimique et de la valeur nutritive des fourrages au cours de cette période.

A partir de fin octobre pour les versants dunaires et de fin novembre pour les bas-fonds, les fourrages ont une teneur en matière sèche supérieure à 90 p.100 et cela jusqu'à la fin de la saison sèche.

Après les premières pluies et durant deux à trois semaines, les bovins ne disposent que de pailles mouillées (50 p.100 de matière sèche) rapidement moisies qu'ils consomment jusqu'à l'installation du nouveau cycle de végétation. Les petits ruminants sont capables de saisir plus tôt les premières plantules qui apparaissent très rapidement (4 à 5 jours) après les premières pluies.

b) Teneur en cendres

La teneur en cendres (1) est maximale en saison des pluies (110 à 150 g/kg MS) ; la projection de sable sur les feuilles sous l'effet des pluies violentes explique en partie les valeurs les plus élevées.

Elle diminue au cours de la croissance et de la dessiccation pour atteindre un minimum en saison sèche fraîche (30 à 60 g/kg MS en décembre janvier). On observe ensuite une remontée en fin de saison sèche (50 à 90 g/kg MS) sous les effets conjugués du piétinement et des vents de sable.

c) Teneur en matières azotées (figure 9-6)

C'est pour ce critère que les différences interspécifiques décrites précédemment sont les plus importantes.

La teneur en matières azotées des formations dominées par les légumineuses est toujours supérieure aux autres et en saison sèche elle n'est jamais inférieure à 80 g/kg MS, même si les feuilles ont disparu (Doli; Vindou-Tiengoli).

L'influence de cette famille est remarquable dans les mélanges : à Doli en 1982, la teneur en azote du fourrage en saison sèche a été fonction du pourcentage de légumineuses dans les différentes zones.

La teneur en azote des pailles de graminées est d'après BREMAN et al (1982) fonction de la productivité. Les différences observées dans les pâturages que nous avons étudiés (40 g MAT/kg MS à Tessekré et Vindou Tiengoli pour 700 à 1000 kg MS/ha ; 20 g à Doli pour 1500 à 2000 kg MS/ha) le confirment mais n'ont pas de grandes conséquences nutritionnelles car ces teneurs sont de toutes façons trop faibles pour assurer les besoins d'entretien des animaux.

(1) les cendres sont assimilées aux matières minérales totales : M.M.dans les tableaux

Figure 9.7

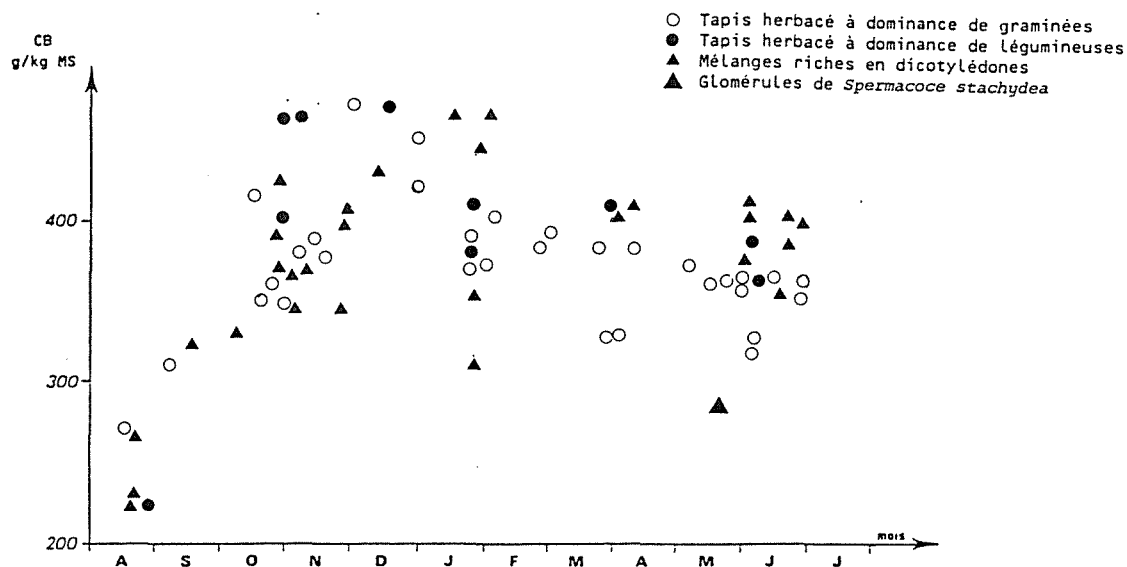


Figure 9.8

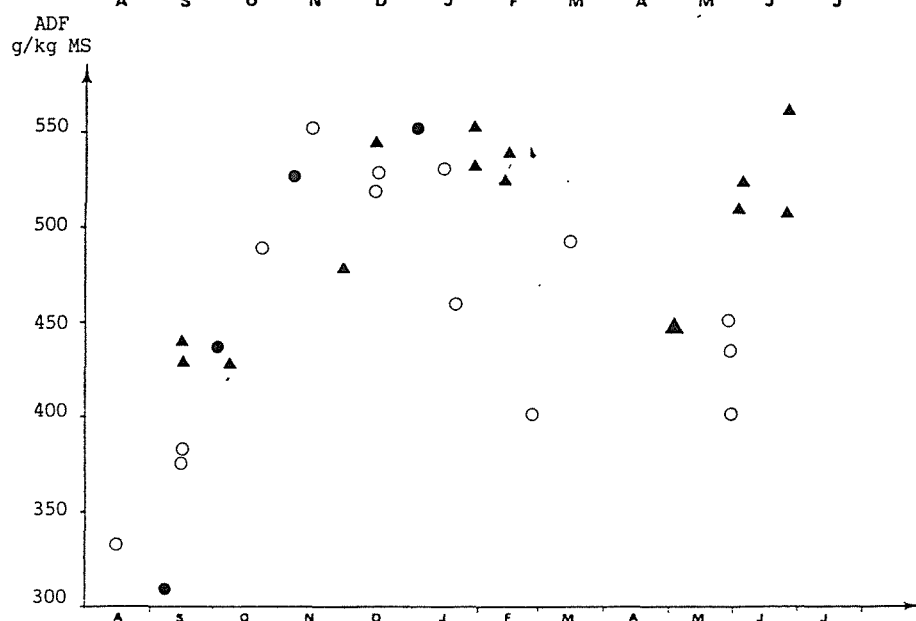
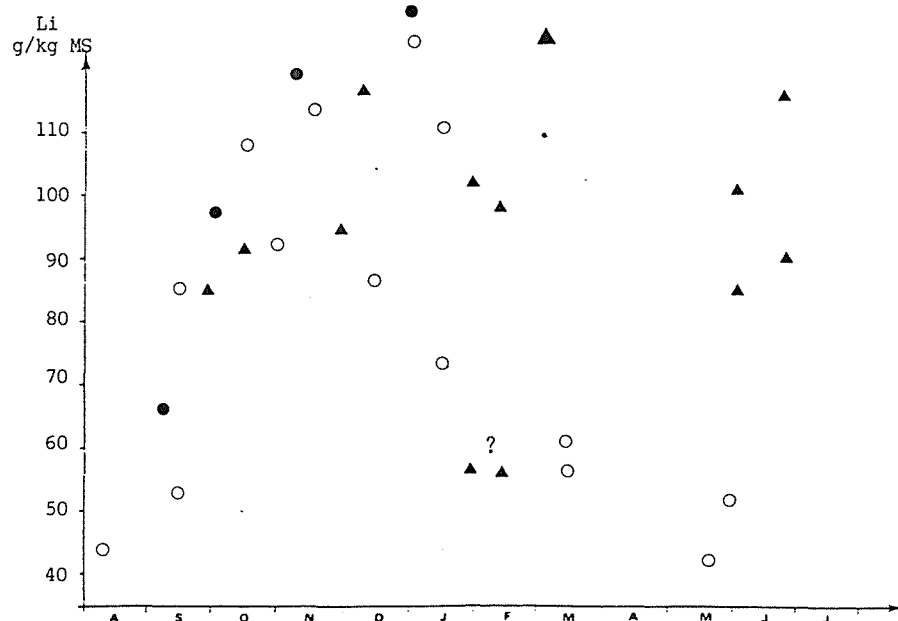


Figure 9.9



figures 9.7 à 9.9 - Teneurs en CB, ADF et Li des fourrages herbacés récoltés à Tessekré, Doli et Vindou Tiengoli en fonction de leur composition botanique et du mois

d) Teneur en constituants pariétaux (figures 9.7, 9.8, 9.9)

Les différences observées entre les familles botaniques se retrouvent au niveau des formations qu'elles dominent. En particulier, les teneurs en ADF et lignine sont plus faibles quand la part des graminées dans le fourrage augmente. Les écarts entre familles sont moins nets pour la cellulose brute.

Quelle que soit la méthode de dosage utilisée (CB WEENDE, VAN SOEST) la teneur en parois augmente au cours de la maturation des fourrages, jusqu'en décembre, puis on observe pour toutes les formations une diminution, faible mais régulière, jusqu'à la fin de la saison sèche. Cette évolution est difficile à expliquer.

e) Digestibilité de la matière organique (figure 9.10)

La dMO des fourrages verts en saison des pluies (août-septembre) est comprise entre 65 et 70 p.100 et semble n'atteindre des valeurs de 80 p.100 non mesurées *in vivo* comparables à celles des fourrages de zone tempérée que durant les tous premiers jours du cycle. Les écarts entre la digestibilité de la matière sèche et celle de la matière organique peuvent être importants (jusqu'à 16 points) lorsque le fourrage est très souillé par la terre en saison des pluies.

Dès le début du mois d'octobre, toutes les espèces sont au stade fructification et le dessèchement de la végétation commence ; la digestibilité diminue alors très rapidement (0,5 point par jour) jusqu'en novembre.

A partir de décembre, la digestibilité des pailles se stabilise entre 45 et 50 p.100. Dans les exemples étudiés, elle fut proche de 50 p.100 pour les fourrages à base de graminées fines (Tessekré, Doli 1982-1983) et voisine de 45 p.100 pour les pailles de graminées plus grossières de Doli 1981-1982 (14 p.100 de graminées du groupe 1 (1)) et les pailles de légumineuses ayant perdu leurs feuilles.

Les différences entre familles sont plus nettes en ce qui concerne la digestibilité des parois, par exemple pour la cellulose brute :

Tableau 9.6 - Digestibilité de la cellulose brute des fourrages à base de graminées et de légumineuses en fonction de la saison

	Digestibilité de la cellulose brute en p.100	
	Saison des pluies	Saison sèche
Graminées	72-64	60-55
Légumineuses	55	45-35

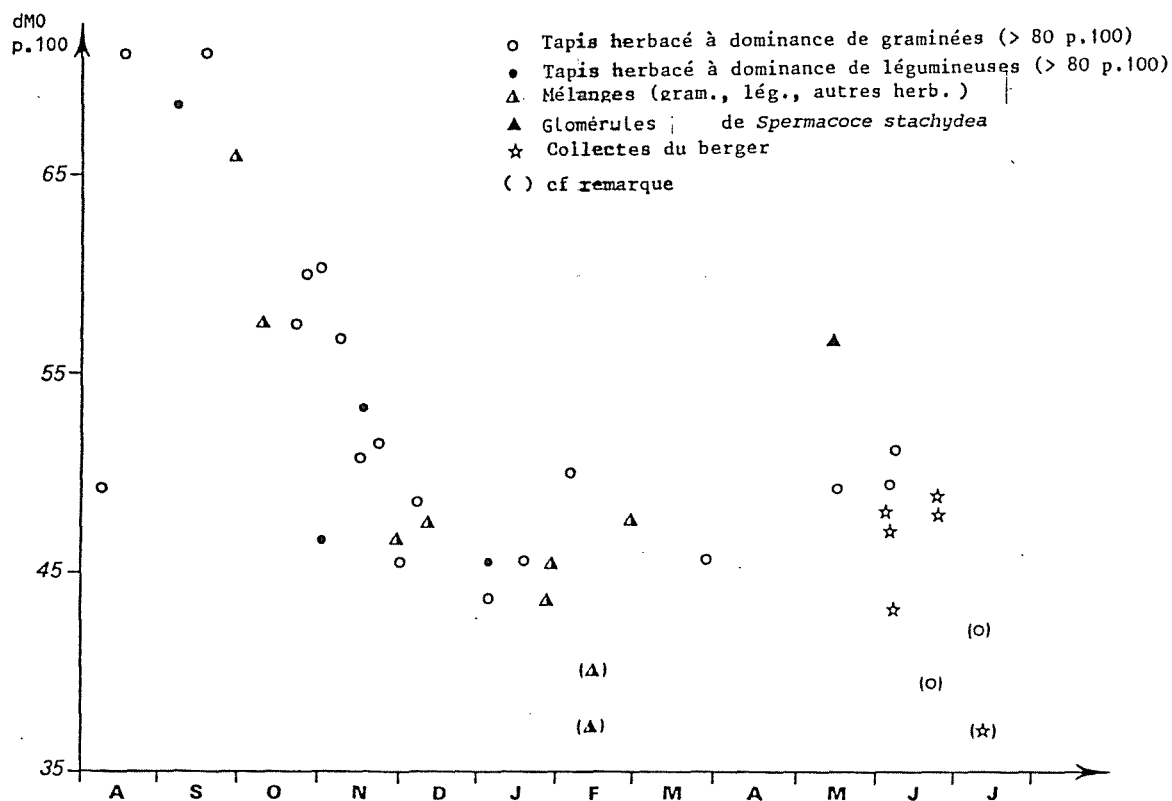


Figure 9.10 - Digestibilité *in vivo* de la matière organique (dMO) des fourrages récoltés à Tessekré et Doli en fonction de leur composition botanique et du mois

Remarque - Les résultats représentés par des symboles entre parenthèses sont à considérer avec réserve. Ils correspondent à des essais sur des moutons ayant consommé des fourrages pauvres sur de longues périodes

Tableau 9.7 - Digestibilité de la matière organique des fourrages à base de graminées

Station-Année Production	Tessekré - 80 700 kg/ha	Doli 81 2000 kg/ha	Doli 82 1500 kg/ha	Sangalkam 2000 kg/ha	Foins d'ori- gines diverses
A		71	graminées fines fauchées sélectivement		
S	71	68			
O		58		61 → 45	
N		49			55 à 47 n = 7
D		44			
J		46			
F	50				
M					
A					(DIALLO et al 1976)
M	48	44	51		

Faute d'un nombre suffisant de résultats, il est difficile d'aller plus loin dans ces comparaisons. On retiendra cependant que certains organes ou certaines espèces ont des digestibilités très supérieures à ces moyennes (par exemple 58 p.100 pour les glomérules de *Spermatocoe stachydea*) et que la digestibilité du tapis herbacé est fonction de la part relative des différentes espèces.

Les essais sur graminées étant plus nombreux que ceux relatifs aux autres familles botaniques, nous avons tenté une analyse plus fine des facteurs de variation de leur digestibilité.

IX.2.3. Facteurs de variation de la digestibilité des fourrages à base de graminées (tableau 9.7)

a) Phase de dessèchement sur pied, conséquence pour la valeur des foins

L'évolution de la composition des graminées au cours de la période de dessèchement est très rapide. A titre d'exemple, du *Pennisetum pedicellatum* au stade fructification (2 000 kg MS/ha ; sur sol de niayes : bas-fond sablo-argileux) a été fauché chaque jour du 15 octobre au 20 novembre pour des essais de digestibilité *in vivo* en continu : les mesures et les échantillons ont été regroupés par période de 6 jours ; les résultats (tableau 9.8) correspondent donc à la valeur nutritive moyenne pour chacune des 6 périodes.

Tableau 9.8 - Composition chimique et digestibilité de *Pennisetum pedicellatum* au cours de la période de dessèchement sur pied

Dates	MS p.100	MM	MAT	CB	NDF	ADF	Li	dMO p.100
		g/kg MS						
18 - 22 oct.	21		105	352	690	379	40	60,4
23 - 28 oct.	25	90	109	365	696	415	45	60,6
29 oct. - 3 nov.	26		92	346	707	392	57	56,7
4 - 9 nov.	31	à	88	380	747	413	61	50,9
10 - 15 nov.	53		53	391	777	461	73	51,5
16 - 21 nov.	64	110	64	378	747	444	80	45,3

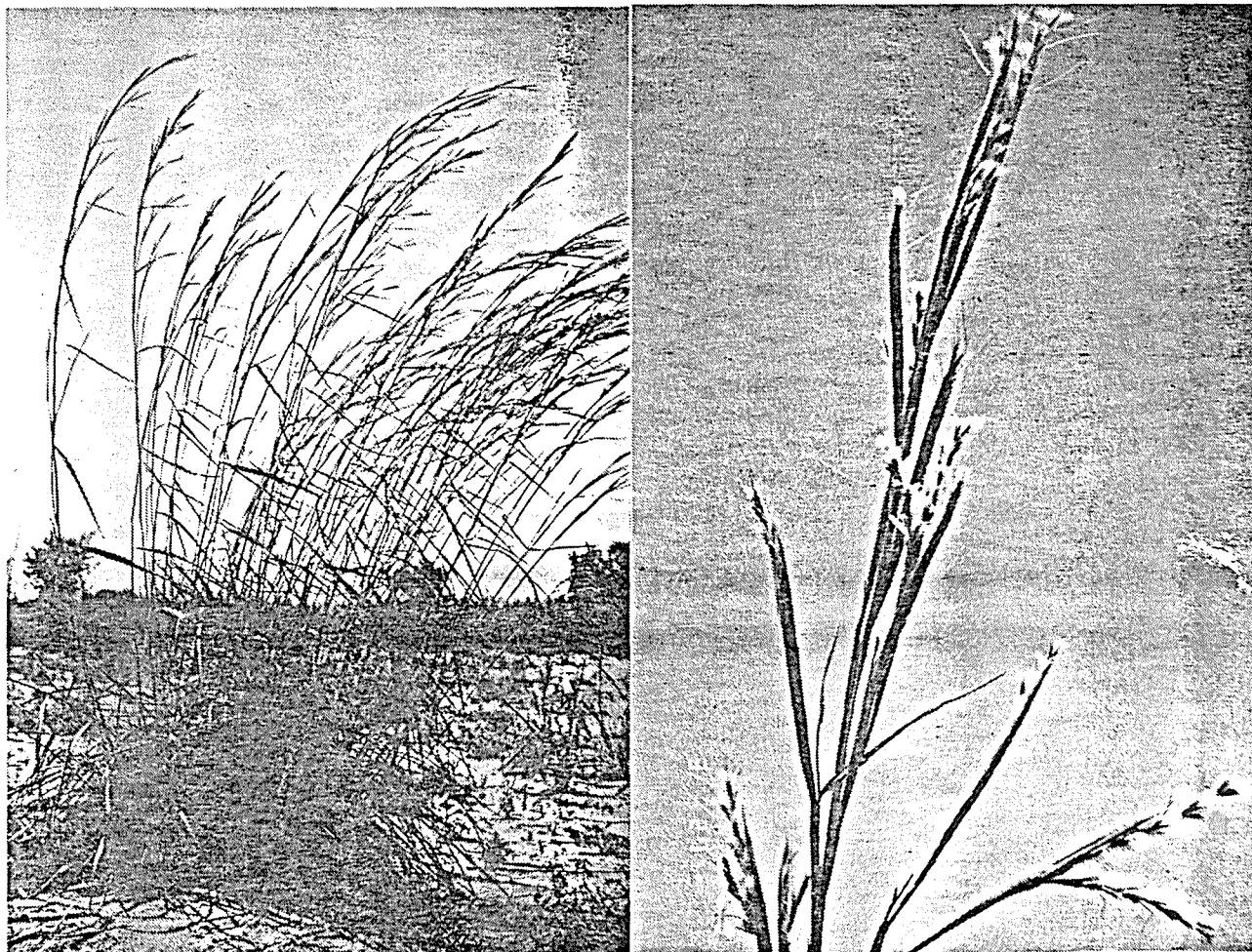
Entre le début et la fin des essais la teneur en MAT a diminué de 40 p.100, celle en lignine a doublé et la dMO a diminué de 15 points. La teneur en CB a moins varié que celles en ADF et en lignine, ce qui confirme que CB est un estimateur médiocre de la valeur nutritive des fourrages tropicaux.

Tableau 9.9 - Composition chimique et digestibilité des parties supérieure, médiane et inférieure d'*Andropogon gayanus* récolté en foin

	g/kg MS										dMO p.100 %
	Fourrage distribué					Fourrage consommé					
	MAT	CB	NDF	ADF	Li	MAT	CB	NDF	ADF	Li	
Fraction supérieure de la tige avec ses feuilles et les inflorescences	39	420	802	481	81	47	387	774	449	86	54,5
Fraction médiane de la tige avec ses feuilles	30	435	787	490	87	43	380	784	438	82	46,9
Fraction inférieure de la tige avec ses feuilles	20	435	847	542	110	19	410	846	532	121	37,0

* La dMO a été calculée par différence car les animaux recevaient en outre 100 g de tourteau d'arachide par mouton et par jour (10 p.100 de la ration)

Remarque : Le fourrage distribué contenait 65 p.100 de feuilles pour les trois lots et les refus étaient surtout constitués de tiges grossières (70 à 90 p.100). La composition chimique du fourrage consommé était donc assez différente de celle du fourrage offert, contrairement à ce qui a été décrit pour les espèces typiquement sahéliennes.



Photos 9.17 et 9.18 - *Andropogon gayanus*
(Clichés DE WISPELAERE - PEYRE DE FABREGUES - Niger)

Cette évolution très rapide explique la grande variabilité de la qualité des foins de graminées : la digestibilité de 7 foins de pâturages naturels récoltés en octobre-novembre de 1972 à 1980 a varié entre 55 et 46 p.100 et leur teneur en MAT entre 80 et 40 g/kg MS. Pour obtenir un foin de qualité acceptable, en tous cas supérieure à celle des pailles conservées sur pied, il faudrait faucher les fourrages les moins secs après les dernières pluies (au plus tard le 15 octobre en zone sahélienne). Par ailleurs, le choix de formations à base de graminées se discute : il arrive en effet que de grandes surfaces soit couvertes de légumineuses (*Zornia glochidiata* à Doli en 1982 ou encore *Crotalaria podocarpa* à Sangalkam en 1984). Ces espèces ont l'inconvénient d'être moins productives que les graminées (700 kg pour le *Zornia* à Doli, 1200 kg pour le *Crotalaria* à Sangalkam) et de perdre leurs feuilles lors du fanage. Cependant si ces fourrages étaient transportés à l'état vert et séchés en tas ou, mieux, sur des "perroquets", ils pourraient fournir un fourrage de réserve précieux contenant deux fois plus de M A T et souvent mieux consommés (*Crotalaria* = 64 g MS/kg $P^{0.75}$) que les foins de graminées (45 à 55 g MS/kg $P^{0.75}$ lorsqu'ils ne sont pas complémentés)

b) Hauteur de coupe

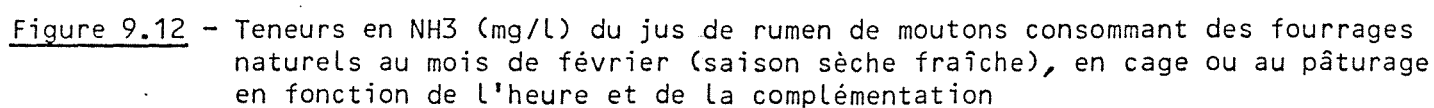
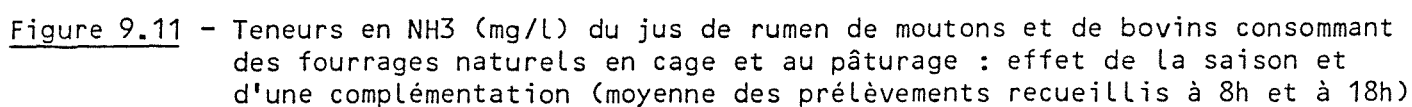
La taille des graminées tropicales est variable et s'accroît du nord au sud avec la longueur de la saison des pluies et la pluviosité totale. En zone sahélienne et soudano-sahélienne cohabitent des graminées de petites tailles (50 cm) et d'autres plus grandes (150 cm).

Certaines Andropogonées pérennes (*Andropogon gayanus*) étaient présentes en zone sahélienne avant les années de sécheresse et pourraient se réinstaller à partir de niches écologiques où elles se sont maintenues (BOUDET 1983) si la pluviométrie redevenait favorable. Lorsqu'on projette de constituer des réserves de fourrage, c'est souvent aux espèces de grande taille que l'on pense en premier à cause de leur productivité plus élevée. Outre les problèmes d'appétibilité qu'elles peuvent poser, ces espèces sont aussi celles qui contiennent le plus de tissus de soutien et dont les organes (feuilles - tiges) sont les plus différenciés au plan structural et chimique. Les tiges en particulier sont très grossières.

Pour déterminer les variations de digestibilité à l'intérieur d'*Andropogon gayanus* récolté en foin, nous n'avons pas effectué de comparaison classique entre les feuilles et les tiges mais nous avons comparé les fractions de plantes divisées dans leur hauteur : partie supérieure portant les inflorescences, partie médiane, partie inférieure. Il faut noter que dans la zone soudano-sahélienne où a été récolté ce fourrage, les feuilles basales étaient peu abondantes, ce qui aurait été différent dans une région plus humide (photo 9.17).

Chaque partie correspondait à un tronçon de 50 cm environ sur la tige. Cette division traduisait les possibilités qui s'offrent à un éleveur pour choisir un niveau de coupe qui serait faite dans ce cas à la faucille, ce qui n'est pas utopique.

Le tableau 9.9 résume les différences observées entre les compositions chimiques et les digestibilités des différents tronçons de la plante.



(1) Concentrations en NH₃ pouvant être limitantes pour l'activité microbienne (INRA 1978)
 (2) " " " toujours " " " " "
 (3) Variations non connues entre 8h et 18h

c) Effet du taux de refus

Une même paille a été distribuée à des moutons au cours de deux essais de digestibilité en faisant varier le taux de refus : 20 p.100 pour le premier, 50 p.100 pour le deuxième.

Les digestibilités de la matière sèche (41,5 et 41,9 respectivement) ne sont pas significativement différentes, mais les compositions chimiques du fourrage consommé et des fèces étant différentes d'un essai à l'autre, on a calculé un écart de 2 points entre les dMO (43,7 et 45,6) qui a des conséquences importantes sur la valeur énergétique (0,29 et 0,35 UF Leroy respectivement). Ces calculs étant faits sur des moyennes, il n'est pas possible de tester statistiquement ces différences. Les quantités ingérées par les moutons s'élèvent respectivement pour les deux essais à 55 et 59 g MS/kg P⁰⁻⁷⁵ (différence significative).

d) Etat physiologique des animaux et effet de la complémentation par du tourteau d'arachide

Il est arrivé, en particulier en fin de saison sèche, qu'avec des pailles de graminées ou, d'une façon plus générale, des fourrages pauvres en MAT, on observe des digestibilités anormalement basses (35 p.100) sur des fourrages étudiés antérieurement (1 ou 2 mois) pour lesquels la dMO était comprise entre 40 et 45 p.100 (figure 9.10).

Les commémoratifs des essais révèlent que ces résultats ont été obtenus en fin de saison sèche ou avec des moutons ayant reçu en cage des fourrages pauvres durant les semaines qui ont précédé. Dans les deux cas, il s'agissait d'animaux dont les réserves protéiques étaient affectées par des régimes trop pauvres sur de longues périodes.

D'une manière générale, les pailles de graminées ont une teneur en MAT trop faible pour couvrir les besoins de la flore microbienne du rumen. La complémentation par du tourteau d'arachide (8 p.100 de la ration) en augmentant la teneur en ammoniac du jus de rumen (figure 9.11 et 9.12) permet donc une amélioration de la digestibilité et des quantités ingérées comme le montrent les résultats du tableau 9.10.

Tableau 9.10 - Quantités ingérées (M.S.V.I. en g/kg P⁰⁻⁷⁵) de pailles de graminées distribuées seules à des moutons ou complémentées par du tourteau d'arachide

	Tessekré 1981 saison sèche fraîche	Tessekré 1981 saison sèche chaude	Doli 1982
M.S.V.I. Paille seule (g MS/kg P ⁰⁻⁷⁵)	52	45	47 n = 4
M.S.V.I. paille complémentée (+ 5g tourteau d'arachide/kg P ⁰⁻⁷⁵)	57	59	55 n = 4
Différence	+5	+14	+8
dMO paille seule (p.100)	50	49,2	44,2 n = 4
dMO paille complémentée (1)	51,6	51,8	47,7 n = 6
différence	+1,6	+2,6	+3,5

(1) la dMO du fourrage complémenté a été calculée par différence ; celle du tourteau d'arachide qui avait une teneur en C.B. de 150 g/kg M.S., bien qu'il soit théoriquement décortiqué, a été estimée à 80 p.100

Figures 9.13 à 9.18 - Digestibilité de la matière organique du tapis herbacé des pâturages sahéliens en fonction de la composition chimique du fourrage consommé (distribué - refusé) et de celle des fèces lors des mesures de digestibilité sur moutons

Figure 9.13 : Teneur en MAT du fourrage consommé : MATc en g/kg MO

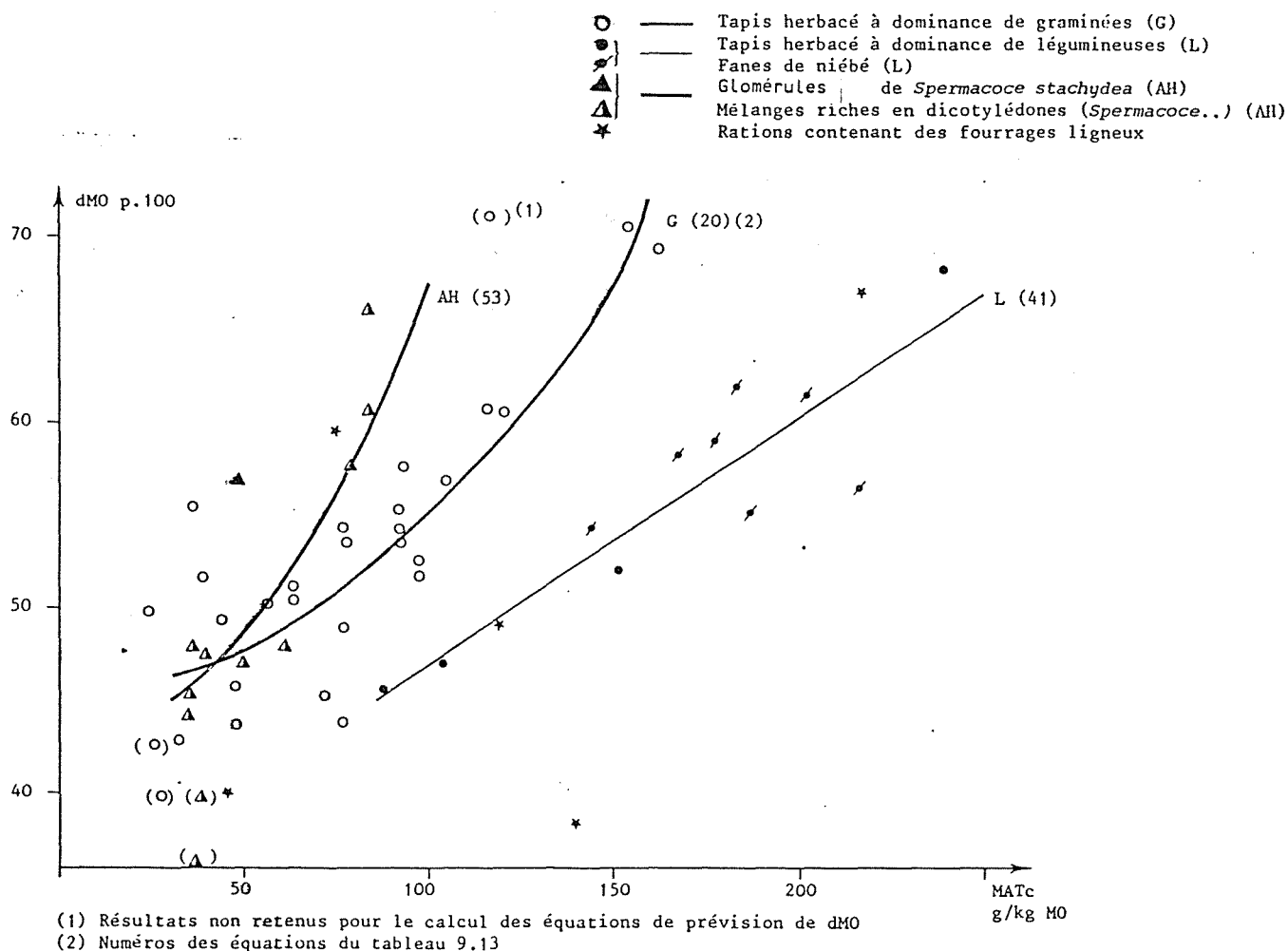
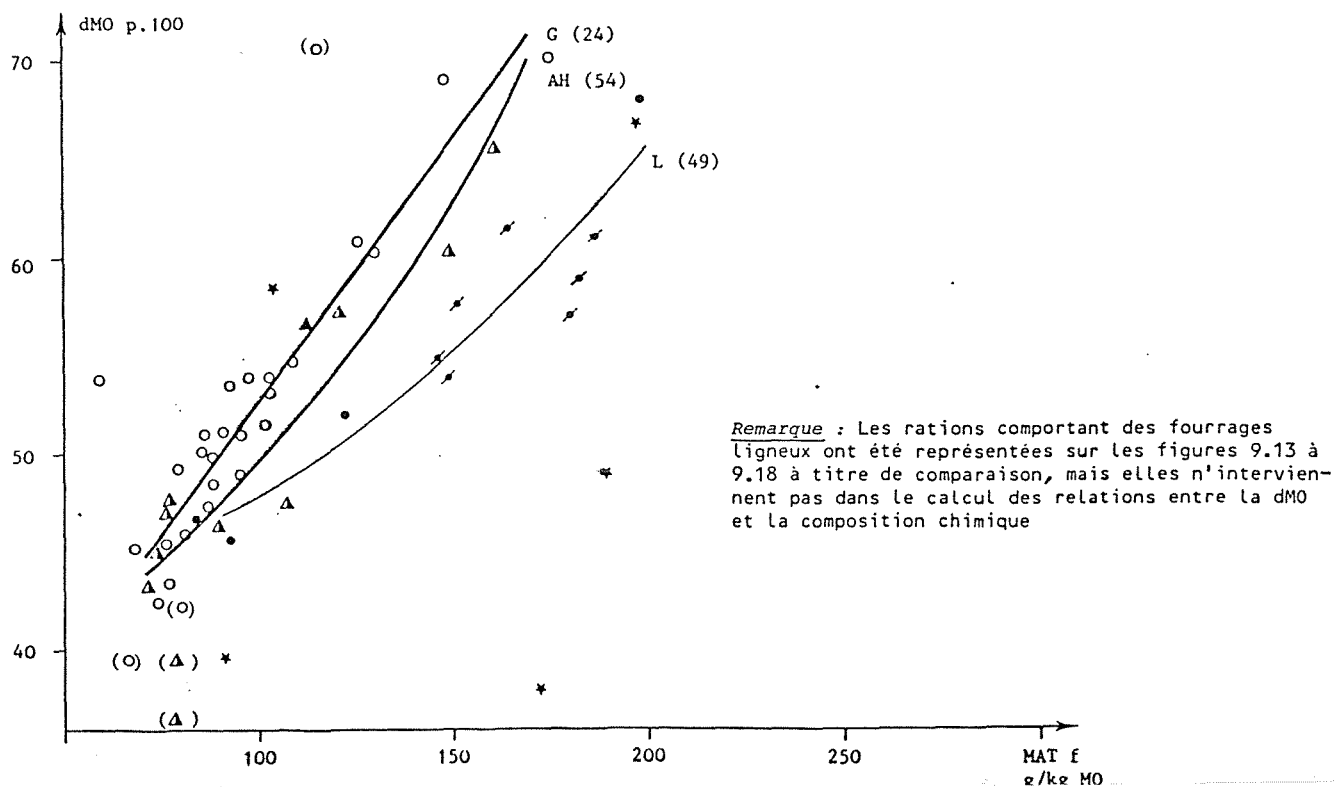


Figure 9.14 : Teneur en MAT des fèces : MATf



e) Effet du rythme d'abreuvement

Trois séries d'essais avaient pour but de comparer les digestibilités de pailles, complémentées ou non, consommées par des moutons buvant une fois par jour ou tous les deux jours, comme cela est souvent pratiqué au niveau des forages en fin de saison sèche.

Les différences observées, contradictoires d'un essai à l'autre, n'étaient pas significatives. On en déduira que les moutons sahéliens sont bien adaptés à un abreuvement espacé.

f) Différences entre ovins et bovins

Deux essais de digestibilité ont été conduits sur des bovins avec des pailles non complémentées testées par ailleurs sur des moutons.

Les digestibilités mesurées sur les bovins (57,5 et 59,9) étaient de 12 points (???) supérieures à celles mesurées sur les moutons. Des différences aussi élevées sont surprenantes mais il faut signaler que ces essais ont été réalisés sur des animaux habitués à séjourner sur les pâturages. La claustration conjuguée avec le port de sacs à fèces a entraîné des baisses d'ingestion : les quantités ingérées étaient égales à 1,5 p.100 du poids vif pendant les mesures alors que celles estimées au pâturage (cf chapitre X) étaient voisines de 2,5 p.100 du poids vif.

Ces résultats, s'ils vont dans le même sens que ceux généralement décrits dans la bibliographie pour les fourrages pauvres (CHENOST et MARTIN-ROSSET 1985) doivent donc être considérés seulement à titre anecdotique et ne sont donnés que pour illustrer les difficultés rencontrées pour étudier la digestibilité des fourrages des pâturages excessifs.

IX.2.4. - Prévision de la valeur nutritive des fourrages herbacés récoltés sur les pâturages sahéliens

Le tableau 9.4 et les figures 9.5 à 9.10 donnent un aperçu de l'évolution saisonnière de la composition et de la valeur nutritive des fourrages récoltés sur les pâturages sahéliens. Cependant les régimes des pluies, la flore et le productivité de ces pâturages sont marqués par une grande diversité (chapitre VII) de telle sorte que les résultats collectés dans quelques situations particulières sont difficilement généralisables à d'autres parcours et, en aucun cas, au régime des animaux exploitant ces pâturages (chapitres VIII et X).

Il serait donc utile de disposer de modèles de prévision de la digestibilité des fourrages. Ces modèles reposeraient sur des critères chimiques simples caractérisant les fourrages eux-mêmes ou les fèces des animaux qui les consomment. La composition des fèces est, en effet, d'un usage plus facile pour estimer la valeur des fourrages ingérés au pâturage (cf chapitre X).

Nous avons utilisé les résultats des essais de digestibilité *in vivo* sur moutons pour étudier les relations entre, d'une part, la digestibilité de la matière organique (dMO) et d'autre part :

- les teneurs en MAT et en constituants pariétaux (CB, NDF, ADF, Li, hémicellulose, cellulose) du fourrage consommé (1) ou des fèces.
- ou la solubilité pepsine-cellulase du fourrage.

(1) pour tenir compte du tri effectué par les animaux et se rapprocher des conditions du pâturage

Figure 9.15 : Teneur en CB du fourrage consommé : CBc en g/kg MO

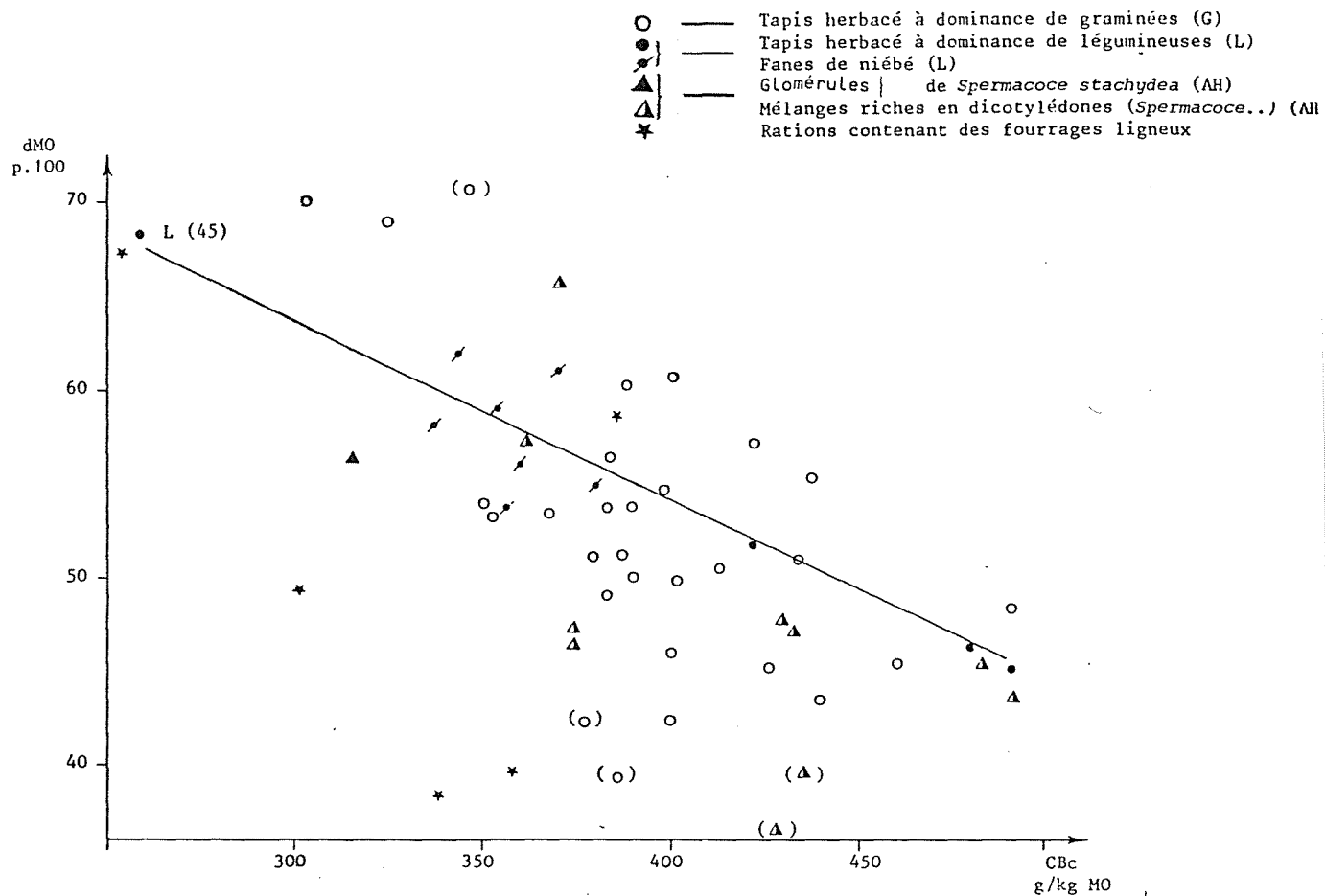
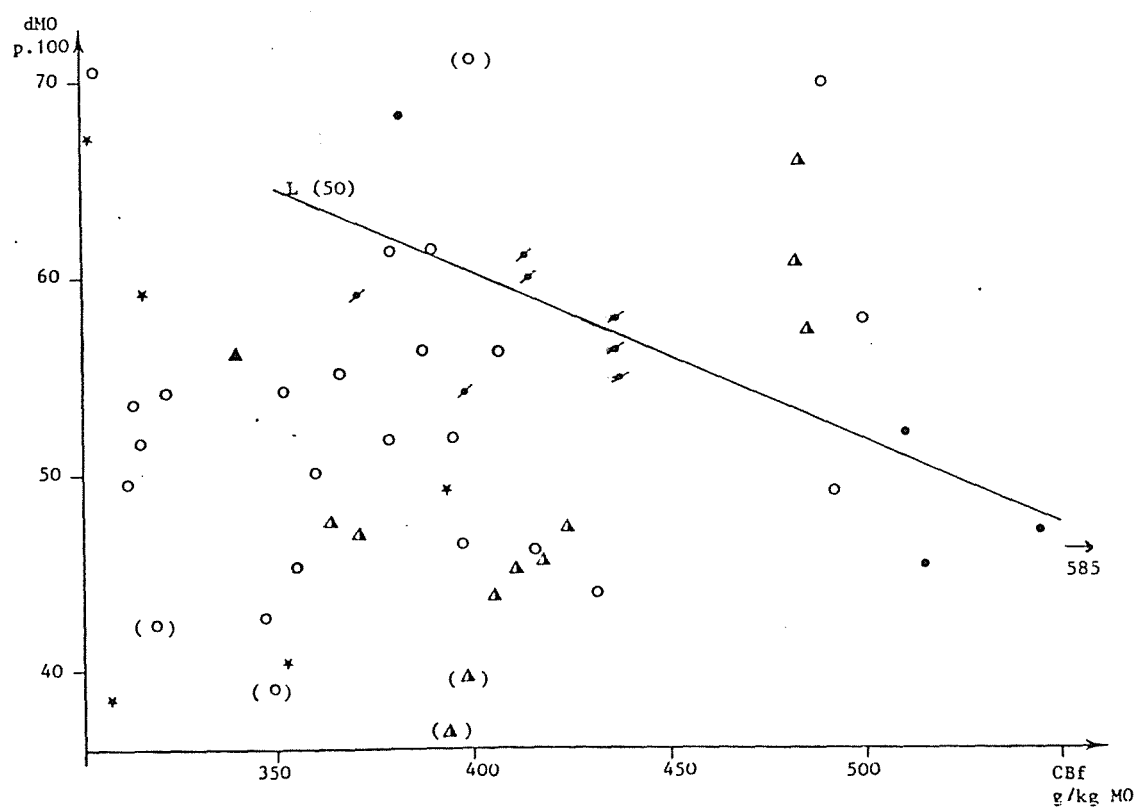


Figure 9.16 : Teneur en CB des fèces : CBf en g/kg MO



Les teneurs en constituants chimiques ont été exprimées par rapport à la matière organique. En effet, les prélèvements recueillis au pâturage (fourrages ou fèces), auxquels font appel les modèles de prévision, sont souvent contaminés par de la terre, particulièrement en saison des pluies. Les résultats d'analyses exprimés par rapport à la matière sèche sont donc parfois difficiles à interpréter.

Dans un premier temps, nous avons représenté graphiquement l'évolution de la dMO en fonction des teneurs en MAT, CB, ADF... du fourrage consommé et des fèces en distinguant les principales familles botaniques dominantes dans les pâturages (figures 9.13 à 9.18). Les essais sur légumineuses naturelles étant peu nombreux, nous avons également fait figurer les résultats concernant une légumineuse cultivée (*Vigna unguiculata* : niébé). Les similitudes entre les nuages de points relatifs aux deux groupes de plantes nous ont conduit à formuler l'hypothèse que la dMO du niébé variait comme celle des légumineuses spontanées en fonction des constituants chimiques. L'obtention de nouveaux résultats nous permettra de vérifier cette hypothèse ; dans cette attente nous avons traité ensemble tous les résultats sur légumineuses (11 essais).

Quoique d'un point de vue pratique, il soit préférable de mettre au point des équations de prévision générales, applicables à des régimes très diversifiés, la distribution des points sur les graphiques montre qu'il est nécessaire de faire un traitement individualisé en fonction des familles dominantes dans les pâturages. Enfin, un essai sur graminées apparaît isolé sur l'ensemble des graphiques; bien qu'il n'ait pas été possible de trouver une explication à cette caractéristique, il n'a pas été retenu comme ceux ayant donné des résultats de dMO anormalement bas (figure 9.10).

Le fichier ainsi constitué a été traité sur un ordinateur IBM 5120, à l'aide d'un logiciel statistique (STAT.BASIC d'IBM modifié par Paul WINDER du MSU (1)) utilisé au L.N.E.R.V. par D. FRIOT.

La teneur en MAT du fourrage consommé comme celle des fèces (figures 9.13 et 9.14) est le critère chimique le mieux corréllé (tableau 9.12) à dMO. Pour les graminées, la liaison entre MAT² et dMO est plus étroite qu'entre MAT et dMO.

Les corrélations entre dMO d'une part et ADF ou cellulose de VAN SOEST d'autre part, sont en général plus élevées qu'entre dMO et CB, ce qui confirme les observations issues de l'étude bibliographique (chapitre V) ou du début du chapitre (§ IX.2.1. p. 117).

Les liaisons les plus étroites entre dMO et critères chimiques sont obtenues avec les fourrages à base de légumineuses. Les liaisons entre MAT et dMO sont plus faibles lorsque l'on considère l'ensemble des fourrages, ce que traduit la dispersion des différentes familles sur les figures 9.13 et 9.14.

Des équations de régression simples et multiples entre dMO et les critères chimiques énumérés ci-dessus ont été calculées à l'aide d'un programme de régression "pas à pas" conversationnel permettant d'éliminer certaines variables explicatives ou d'en choisir d'autres a priori. La recherche des équations a été guidée par la perspective d'une application pratique des résultats obtenus, parce que :

- les échantillons de fourrages envoyés au laboratoire sont souvent accompagnés de commémoratifs imprécis. Il est donc utile de disposer en plus d'équations par famille plus précises, d'équations générales applicables à des échantillons de toutes natures.

Figure 9.17 - Teneur en ADF du fourrage consommé : ADFc en g/kg MO

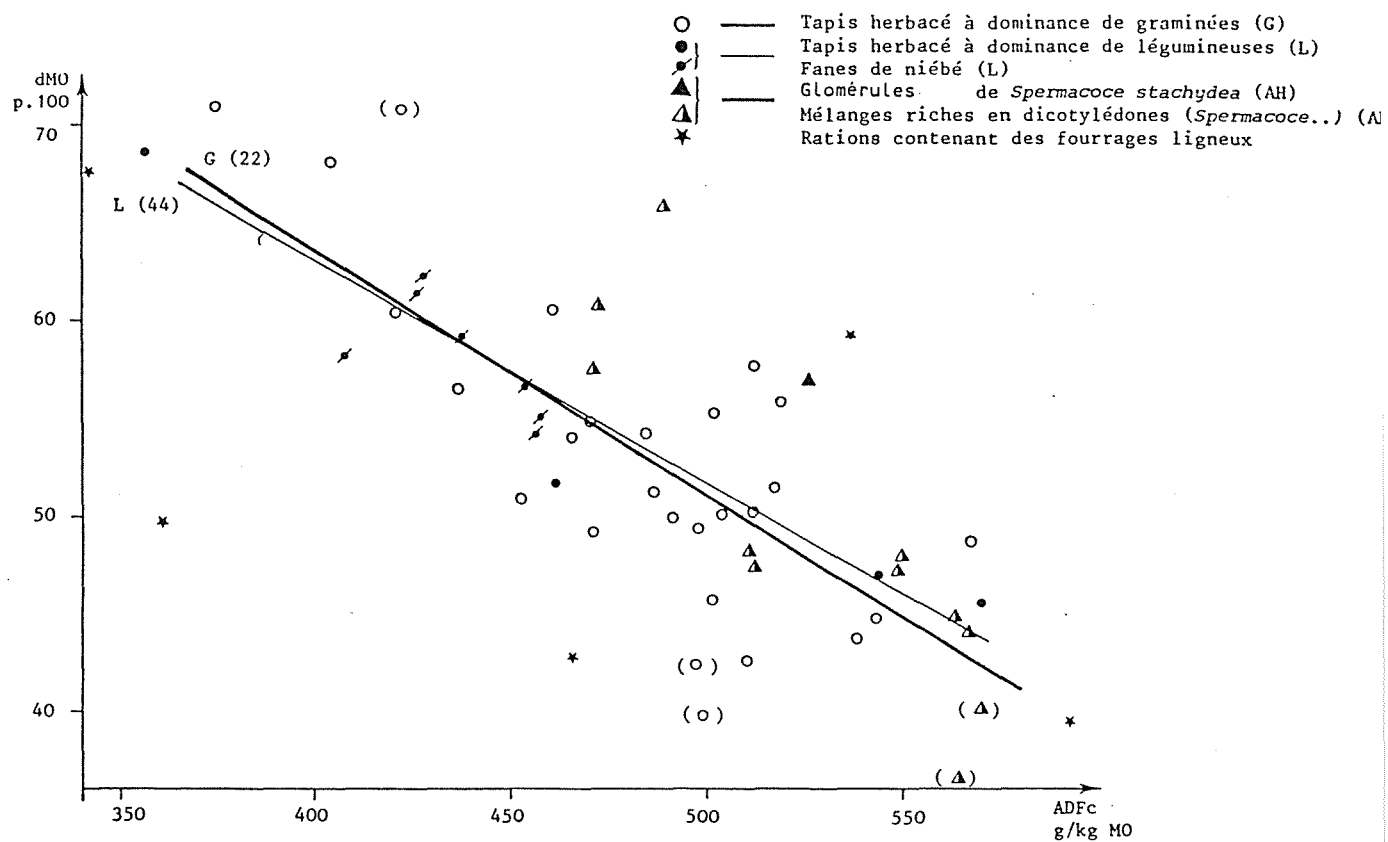
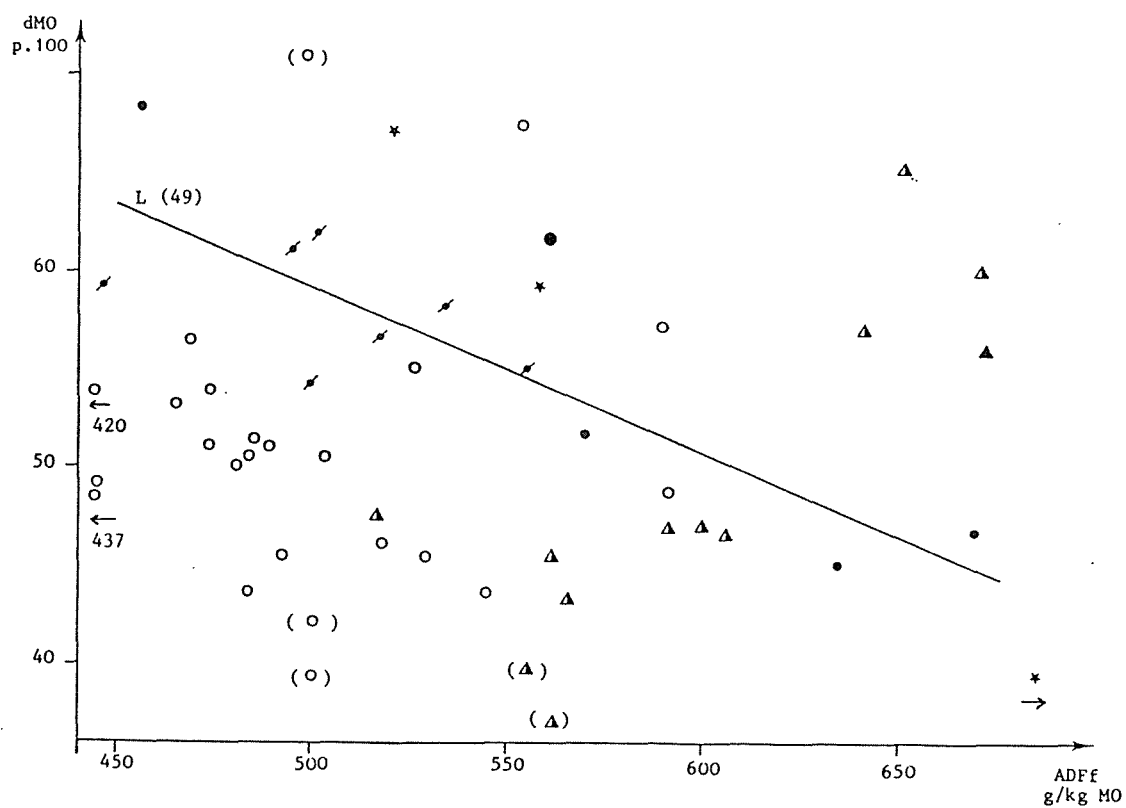


Figure 9.18 - Teneur en ADF des fèces : ADFf en g/kg MO



- l'étude bibliographique indique que l'azote fécal est un estimateur de la dMO d'une utilisation délicate. Nos résultats le confirment : l'azote de certains ligneux riches en MAT, dont on a mesuré la digestibilité in vivo se retrouve en grande partie dans les fèces (*Acacia linarioides* : MAT = 14 p.100 de MS, MAD = 2 p.100 de MS, MAND = 12 p.100 de MS, ce qui se traduit par une teneur de MAT dans les fèces égale à 17 p.100 de MO - cf. figure 9.14). De même la teneur en MAT des fèces des animaux au pâturage est systématiquement supérieure à celle des moutons en cages recevant du fourrage des mêmes parcours.

	Fourrage consommé								Fécès					
	p.100	en g/kg MO								en g/kg MO				
	dMO	SMS	MA		CB	ADF	Li	Cell	MA		CB	ADF	Li	Cell
GRAMINEES	44-71	38-66	23-163		304-464	374-569	44-117	315-454	66-174		295-493	390-589	107-258	233-364
LEGUMINEUSES	52-69	40-67	88-241		257-494	356-573	73-134	280-439	83-200		370-586	444-670	167-268	230-470
AUTRES HERBACEES	44-66	41-58	32-82		362-493	471-582	59-125	372-553	72-160		362-492	517-651	158-322	329-409

[illegible]

Tableau 9.13 - Modèles de régression multiple expliquant la digestibilité de la matière organique des fourrages à partir de sa solubilité pepsine-cellulase, de sa composition chimique et de celle des fèces de moutons les consommant

		N	Fourrage consommé							Fécès						cste	S.E.	r				
			p.100	en g/kg MO						en g/kg MO												
				SMS	MA	MA ²	CB	ADF	L1	Cell	MA	MA ²	CB	ADF	L1				Cell			
TOUTES FAMILLES	1	45	-	-	-	-	-	-0,108	-	-	-	-	-	-	-	+105,9	4,2	0,814				
	2	"	-	-	-	-	-	-0,0749	-	-0,0436	-	-	-	-	-	+107,5	4,0	0,838				
	3	"	-	-	-	-	-	-	-	-	+0,166	-	-	-	-	+34,5	3,9	0,846				
	3'	"	-	-	-	-	-	-	-	-	0,393	-0,00102	-	-	-0,0448	+38,2	3,5	0,884				
	3''	"	-	-	-	-	-	-	-	-	0,408	-0,00097	-	-0,0179	-	+30,1	3,6	0,872				
	4	"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,107	+89,1	5,4	0,663				
	5	"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+0,0428	+82,3	5,1	0,719				
	6	"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+0,0572	+81,2	4,4	0,803				
	7	"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+0,0729	-0,160	+0,138	-	+82,3	4,4	0,804	
	8	"	-	-	-	-0,0002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+29,5	3,7	0,864				
	9	"	-	-	-	-0,00026	-	-	-0,063	-	-	-	-	-	-	+66,4	3,0	0,916				
	9'	"	-	-0,0510	-	-	-	-0,0634	-	-	-	-	-	-	-	+70,3	3,2	0,904				
	10	"	-	-	-0,0003	-	-	-0,0660	-	-	-	-	-	-	-	+0,0294	+73,7	2,8	0,931			
	10'	"	-	-	-	-	-	-0,108	-	-	-	-	-	-	-	-	+105,9	4,2	0,814			
	11	"	-	-	-	-	-	-0,111	-	-	-	-	-	-	0,0445	+99,1	3,7	0,863				
	12	"	-	-	-	-	-	-0,126	-	-	-	-	-	-	+0,0254	+101,1	4,0	0,838				
	13	"	-	-	-	-	-	-	-	-0,0774	-	-	-	-	-	-0,0588	+104,5	4,2	0,821			
	14	"	-	-	-	-	-	-0,0856	-	-0,0568	-	-	-	-	-	+0,0512	+91,8	3,7	0,866			
	15	"	-	-	-0,0378	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+0,0345	+72,8	4,2	0,825			
16	"	-	-	-	-	-0,0533	-	-	-	-	-	-	-	-	+0,0802	-0,119	+0,085	-	+88,7	4,1	0,837	
17	18	0,875	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+11,0	5,1	0,845				
18	"	0,813	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+0,0568	+2,8	4,2	0,906				
19	"	0,593	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+0,0652	-0,111	+27,3	3,8	0,928			
GRAMINEES seules	20	18	-	-	+0,00097	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+45,4	3,1	0,927				
	21	"	-	-	+0,00091	-0,0399	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+62,2	2,7	0,948				
	22	"	-	-	-	-	-0,126	-	-	-	-	-	-	-	-	+114,1	4,7	0,821				
	23	"	-	-	-	-	-0,160	+0,123	-	-	-	-	-	-	-	+121,6	4,1	0,873				
	24	"	-	-	-	-	-	-	-	-	0,266	-	-	-	-	+26,3	2,5	0,953				
	25	"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,158	+105,0	6,2	0,654				
	26	"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+0,129	-0,113	-0,262	+108,8	4,4	0,865		
	27	"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+0,134	-0,254	+0,146	+103,6	4,7	0,844		
	28	"	-	+0,144	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,0828	+68,9	2,8	0,943			
	29	"	-	+0,1115	-	-	-0,0726	NS	-	-	-	-	-	-	-	+0,0442	+80,7	2,6	0,959			
	30	24	-	-	+0,00096	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+45,7	3,0	0,909			
	31	"	-	-	+0,00091	-0,0422	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+63,0	2,6	0,937			
	32	"	-	-	-	-	-0,127	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+114,1	4,2	0,812			
	33	"	-	-	-	-	-0,156	+0,105	-	-	-	-	-	-	-	-	+121,1	3,8	0,859			
	34	"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+26,7	2,3	0,949			
	35	"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,140	+98,1	5,7	0,612			
	36	"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,195	+93,6	4,8	0,758			
	37	"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+0,061	+104,9	4,3	0,825			
	38	"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+0,118	-0,104	-	+100,3	4,5	0,804	
	39	"	-	-	+0,00084	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+0,123	-0,235	+0,135	-	+100,3	4,5	0,804
	40	"	-	-	-	-	-0,137	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,0582	+65,5	2,6	0,937		
41	"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+0,0624	+109,2	3,6	0,869				
LEGUMINEUSES	41	11	-	+0,134	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+33,5	3,0	0,905				
	42	"	-	+0,0743	-	-	-	-0,157	-	-	-	-	-	-	-	+58,2	2,4	0,950				
	43	"	-	+0,0726	-	-	-	-	-0,0808	-	-	-	-	-	-	+73,6	2,3	0,952				
	44	"	-	-	-	-	-0,107	-	-	-	-	-	-	-	-	+104,9	2,3	0,947				
	45	"	-	-	-	-0,0948	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+92,3	2,4	0,940				
	46	"	-	-	-	-	-	-	-0,144	-	-	-	-	-	-	+109	3,0	0,909				
	47	"	-	-	-	-	-	-	-	-	+0,00059	-	-	-	-	+42,1	2,6	0,933				
	48	"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,0943	+87,3	3,0	0,905			
	49	"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,0847	+101,6	3,4	0,876			
	50	"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+94,1	4,1	0,820			
	51	"	-	-	-	-	-0,0629	-	-	-	+0,00028	-	-	-	-	-	+78,1	1,8	0,973			
	52	"	-	-	-	-0,0533	-	-	-	-	+0,00029	-	-	-	-	-	+69,5	2,0	0,973			
AUTRES HERBACEES	53	10	-	-	+0,00246	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+42,9	5,2	0,735				
	54	"	-	-	-	-	-	-	-	-	+0,00109	-	-	-	-	+38,7	3,0	0,922				
	55	"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+0,121	+58,1	2,5	0,951				
	56	"	-	-	-	-	-0,571	NS	-	-	+0,00115	-	-	-0,0452	NS	+94,5	2,2	0,968				
	57	"	-	-	-	-	-0,118	NS	-	-	-	-	-	-	-	-0,125	+158,6	4,7	0,816			

Cette différence est certainement liée à l'ingestion d'un fourrage plus digestible par les animaux au pâturage mais est peut-être due également à l'ingestion de fourrages riches en MAT indigestibles, certains ligneux par exemple. Nous avons donc recherché des équations où cette variable n'apparaissait pas.

Les variables éliminées dans le calcul des équations de régression figurant au tableau 9.13 sont mentionnées par un tiret (-). Ce tableau regroupe les principales équations significatives donnant dMO en fonction d'analyses plus ou moins complètes du fourrage consommé ou des fèces.

La teneur en ADF du fourrage consommé présente l'avantage d'être reliée à dMO par des équations très proches (22 et 44) pour les graminées et les légumineuses (figure 9.17) ; ce critère pourrait donc être utilisé dans le cas de mélanges de graminées et de légumineuses. Par contre, il n'est pas adapté aux autres dicotylédones (coefficient de corrélation non significatif - tableau 9.12 et figure 9.17).

L'écart-type résiduel le plus faible (2,8 points de digestibilité) a été obtenu, pour le groupe des équations générales (1 à 19), avec deux critères analytiques du fourrage (MA^2/MO et ADF/MO) et trois des fèces (MA/MO , CB/MO et $cellulose/MO$) (équation 10). Les équations plus simples faisant appel à deux ou trois constituants du fourrage ou des fèces donnent des écart-types résiduels compris entre 3 et 4 points de digestibilité.

Si la famille dominante dans le fourrage ou le régime est identifiée, on peut obtenir des écart-types résiduels plus faibles, de 2,3 et 1,8 points de digestibilité respectivement pour les graminées (équation 34) et les légumineuses (équation 51) en faisant appel à l'azote fécal et pour les légumineuses à l'ADF du fourrage consommé.

Le rejet de l'azote fécal comme variable explicative pour les équations générales entraîne une élévation d'un point au minimum de l'écart-type résiduel qui n'est alors jamais inférieur à 3,7 même en combinant les critères analytiques du fourrage consommé et des fèces. Pour les graminées et les légumineuses, la suppression de cette variable entraîne également une importante perte de précision mais il est cependant possible d'estimer dMO dans des conditions acceptables (écart-type résiduel inférieur à 3 points de digestibilité) en analysant assez complètement soit le fourrage (MAT, analyse de Van Soest pour les légumineuses : équations 42 à 45), soit le fourrage et les fèces (graminées : équations 28-29 et 39). On remarque pour ces deux familles que l'azote des fèces ne se combine jamais avec d'autres variables fécales alors que ce n'est pas le cas pour les équations générales.

Les équations n'utilisant que les constituants pariétaux des fèces sont les moins précises (écart-types résiduels compris entre 4 et 5 points de digestibilité) avec celles faisant appel aux résultats des tests de solubilité pepsine-cellulase. Il faut noter cependant que ces dernières n'ont été établies qu'à partir de 18 essais regroupant plusieurs familles et que l'obtention de résultats plus abondants permettra de mieux évaluer l'intérêt de cette méthode pour l'estimation de la valeur nutritive des fourrages sahéliens et soudano-sahéliens.

Tableau 9.14 - Relations entre la digestibilité (dMO) des fourrages ingérés par les moutons en cage, les quantités ingérées (MSVI) et la durée unitaire de mastication (dUM) (d'après les mesures faites à Tessekré et Doli de 1980 à 1983 - n = 30)

	Nbre d'essais	Moyenne	Maximum	Minimum
dMO p.100	29	50,9	70,8	36,4
MSVI g/kg P ^{0,75}	29	53,8	75	40
dUM mn/g/kg P ^{0,75} (1)	29	18	22	11

(1) dUM : durée unitaire de mastication = durée d'ingestion + durée de rumination

dMO = 0,622	MSVI + 17,4 ± 6,7	r = 0,621
dMO = -2,270	dUM + 91 ± 4,5	r = -0,853
MSVI = -0,620	dMO + 22,3 ± 6,7	r = 0,621
MSVI = -1,87	dUM + 86,6 ± 6,1	r = -0,703
dUM = -0,320	dMO + 34 ± 1,7	r = -0,853
dUM = -0,265	MSVI + 32 ± 2,3	r = -0,703

Tableau 9.15 - Durée totale d'ingestion (en mn) par jour (moyennes de n journées d'observations)

	n	\bar{x}	σ
Moutons en cages	32	362	68
Moutons au pâturage	39	527	106
Zébus en stalles	2	342	0
Zébus au pâturage	35	509	79

IX.2.5. Quantités ingérées et niveau d'alimentation des animaux recevant en stabulation les fourrages des pâturages naturels

Les quantités ingérées par les ovins au cours des essais de digestibilité en cage figurent au tableau 9.4. Pour les bovins, faute d'un nombre suffisant de mesures, elles ont été calculées dans un premier temps, à partir de ces résultats et des équations reliant les "MSVI ovins" aux "MSVI bovins" établies par l'I.N.R.A. en 1978. Quelques mesures de consommation sur d'autres types d'aliments ont en effet montré que leur application aux bovins tropicaux permettait une estimation correcte des quantités ingérées par les bovins.

Converties en MODI (quantité de matière organique digestible ingérée, expression simple de la quantité d'énergie digestible ingérée), ces valeurs montrent que les animaux nourris en stabulation avec les fourrages des pâturages sahéliens ne couvrent leurs besoins énergétiques d'entretien ($23 \text{ à } 26 \text{ g MODI/kg P}^{0.75}$; niveau d'alimentation : 1) que pendant la saison des pluies et le début de la saison sèche. Même en saison des pluies, les niveaux d'ingestion sont faibles ($40 \text{ à } 45 \text{ g MODI/kg P}^{0.75}$) et inférieurs à ceux nécessaires pour permettre les performances enregistrées sur les animaux au pâturage (GMQ : de $100 \text{ à } 115 \text{ g/j}$ pour les ovins). En fin de saison sèche, une complémentation par du tourteau d'arachide ($8 \text{ à } 10 \text{ p.100}$ de la ration) est nécessaire (tableau 9.4 - résultats 5c) pour couvrir les besoins énergétiques et azotés d'entretien ; dans ces conditions, le poids des moutons et l'ingestion sont stables au cours des essais de digestibilité.

Les estimations des quantités ingérées par les bovins (tableau 9.4) quoique faibles, sont encore supérieures à celles mesurées pour les mêmes types de fourrages par CALVET et VALENZA (1963 à 1968) ou nous-mêmes : MSVI de l'ordre de $60 \text{ à } 70 \text{ g MS/kg P}^{0.75}$.

L'ensemble de ces résultats nous amène à conclure que bien que les résultats obtenus en stabulation soient nécessaires pour établir des normes de valeur nutritive, il est indispensable de mener en parallèle des mesures au pâturage.

IX.2.6. Liaisons entre la valeur alimentaire des fourrages et le comportement alimentaire des animaux

Les activités d'ingestion et de rumination de 6 moutons en cage de digestibilité ont été enregistrées au cours de cycles complets de 24 heures lors de 30 essais de digestibilité par la méthode décrite au chapitre VIII. Les durées totales d'ingestion et de rumination ont été calculées et il en fut déduit, pour chaque essai, la durée unitaire de mastication : DUM (DULPHY et al 1979) exprimée en minutes par gramme de MSVI et par kg de poids métabolique ($\text{mn/g MSVI/kg P}^{0.75}$).

Alors que pour ces fourrages la liaison entre dMO et MSVI est lâche ($r = 0,62$) on a trouvé des liaisons étroites ($r = 0,85$) entre dMO et DUM (tableau 9.14). L'application de ce type de résultats à l'étude de l'ingestion au pâturage (chapitre X) pourrait être envisagée en utilisant des appareils d'enregistrement. Cependant, il faut garder à l'esprit qu'en ce qui concerne l'ingestion, les résultats obtenus en stabulation correspondent à une alimentation "*ad libitum*" alors qu'au pâturage, l'ingestion étant le plus souvent associée à un déplacement, la vitesse d'ingestion est fonction de la distribution spatiale du fourrage et de la possibilité de choix des animaux, paramètres difficiles à mesurer. Ainsi, la différence entre les durées d'ingestion des animaux en stabulation et au pâturage (tableau 9.15) et leurs éventuelles conséquences sur les quantités ingérées, doivent être considérées avec prudence.

Conclusion :

AVERTISSEMENT

Nous tentons dans les lignes qui suivent de faire le point des connaissances acquises sur la composition et la valeur nutritive des fourrages naturels. A partir de là, nous proposons de nouvelles expérimentations dans ce domaine. Cependant, conscients que le choix des recherches doit être raisonné en fonction des moyens et des priorités, nous précisons que ces propositions ne constituent pas des recommandations pour une éventuelle programmation des recherches en alimentation animale. Cette remarque générale est également valable pour le chapitre X.

Composition chimique des fourrages naturels sahéliens et soudano-sahéliens

La description de quelques espèces herbacées et ligneuses met en relief la diversité de la composition chimique de ces fourrages. Cette diversité concerne particulièrement les matières azotées (teneur en MAT, solubilité de N) et les constituants pariétaux.

Les principales différences liées à l'origine botanique ou aux saisons (fourrage vert en saison des pluies, pailles en saison sèche) apparaissent clairement. Par contre, les échantillons analysés étaient trop peu nombreux et avaient une origine trop disparate pour permettre de décrire l'évolution de la composition de telle ou telle espèce en fonction de l'âge et du stade de développement de la plante, de la pluviosité, de la fertilité du sol, etc...

Un échantillonnage répondant à cet objectif devrait comprendre au moins deux graminées, quatre dicotylédones dont deux légumineuses et un nombre plus grand de ligneux. Il faudrait choisir en collaboration avec les phytosociologues des espèces appréciées ayant une vaste aire de répartition puis mettre en place un réseau de stations défini d'après des critères climatiques et édaphiques. Les prélèvements périodiques, rapprochés en saison des pluies, seraient reproduits sur plusieurs années pour tenir compte des variations de la pluviosité.

Mesure in vivo de la valeur nutritive des fourrages herbacés

Les mesures de digestibilité in vivo ont porté sur le tapis herbacé fauché dans sa totalité. Le plus souvent, les espèces principales étant connues, il est possible d'indiquer s'il s'agit de lots de fourrages à dominance de graminées, de légumineuses ou de mélanges comprenant d'autres familles de dicotylédones. Par contre, les essais sur des fourrages monospécifiques ou appartenant à une seule famille sont rares. Compte tenu du nombre peu élevé de résultats, leur interprétation suivant des critères botaniques, climatiques ou édaphiques est difficile. Le manque de précision des relations que nous proposons entre la dMO et la composition chimique des fourrages s'explique par les mêmes raisons.

Il nous semble donc nécessaire d'effectuer des essais complémentaires, en particulier sur quelques graminées et légumineuses pures : de tels essais sont difficiles à réaliser en particulier pour les stades végétatifs de saison des pluies (cf p.110). Autant il était utile dans un premier temps d'étudier le tapis herbacé des pâturages en milieu réel, autant il nous semble préférable pour obtenir des résultats par espèce ou par famille, d'effectuer les essais dans une station où les conditions expérimentales optimales peuvent être réunies. La mesure de la dMO in vivo pourrait y être effectuée "en continu" pendant tout le développement des plantes (§ IX.2.3.a p.121).

Ces essais permettraient de décrire l'évolution de la valeur nutritive de chaque famille et aiderait à l'interprétation du travail analytique effectué sur l'échantillon plus important décrit précédemment. De plus, le nombre de données relatives à chaque famille augmentant, la précision des relations entre la dMO et la composition chimique s'améliorera.

Cependant, notons qu'un gain de précision à l'intérieur d'une famille n'a d'intérêt que pour une meilleure connaissance de celle-ci, mais il a peu de conséquences pour l'estimation de la valeur nutritive d'un mélange d'espèces ou du régime des animaux au pâturage. Il faut, pour atteindre ces objectifs, identifier des critères analytiques renseignant sur la valeur nutritive de la plupart des espèces et reliés par les mêmes équations à leur dMO. C'est le cas, par exemple, de l'ADF des graminées et des légumineuses lorsqu'il est dosé dans le fourrage ; par contre, ce n'est pas un bon estimateur de la dMO des mélanges contenant des rubiacées et s'il est dosé dans les fèces, il n'a d'intérêt que lorsque les animaux ingèrent un régime à base de légumineuses.

Le travail expérimental doit donc être poursuivi par de nouveaux essais de digestibilité. Les méthodes enzymatiques que nous avons peu utilisées doivent aussi être testées sur l'ensemble des échantillons pour lesquels on connaît la dMO vivo.

Nous avons peu abordé jusqu'ici la digestibilité in vivo des fourrages ligneux. Ce sujet, très important compte tenu de la place de ces fourrages dans l'alimentation, est en cours d'étude.

Application des résultats de digestibilité obtenus sur ovins aux autres espèces

Les résultats bibliographiques dans ce domaine sont assez disparates. Malgré les problèmes expérimentaux qu'ils posent, nous pensons que de nouveaux essais sont nécessaires sur les fourrages tropicaux.

Une des raisons qui a rendu difficile l'interprétation des résultats obtenus dans cette étude, est la différence entre les tris opérés par les bovins et les ovins, par rapport au fourrage proposé. Il en a découlé des compositions différentes des fourrages ingérés par les deux espèces.

Il nous semble donc indispensable de limiter au maximum cette cause de variation dans les essais à venir : ceux-ci pourraient être effectués sur des lots de fourrages monospécifiques, hâchés finement et avec des taux de refus identiques et faibles (10 p.100). Il est difficile de récolter des quantités suffisantes d'un fourrage naturel monospécifique ; on pourrait donc

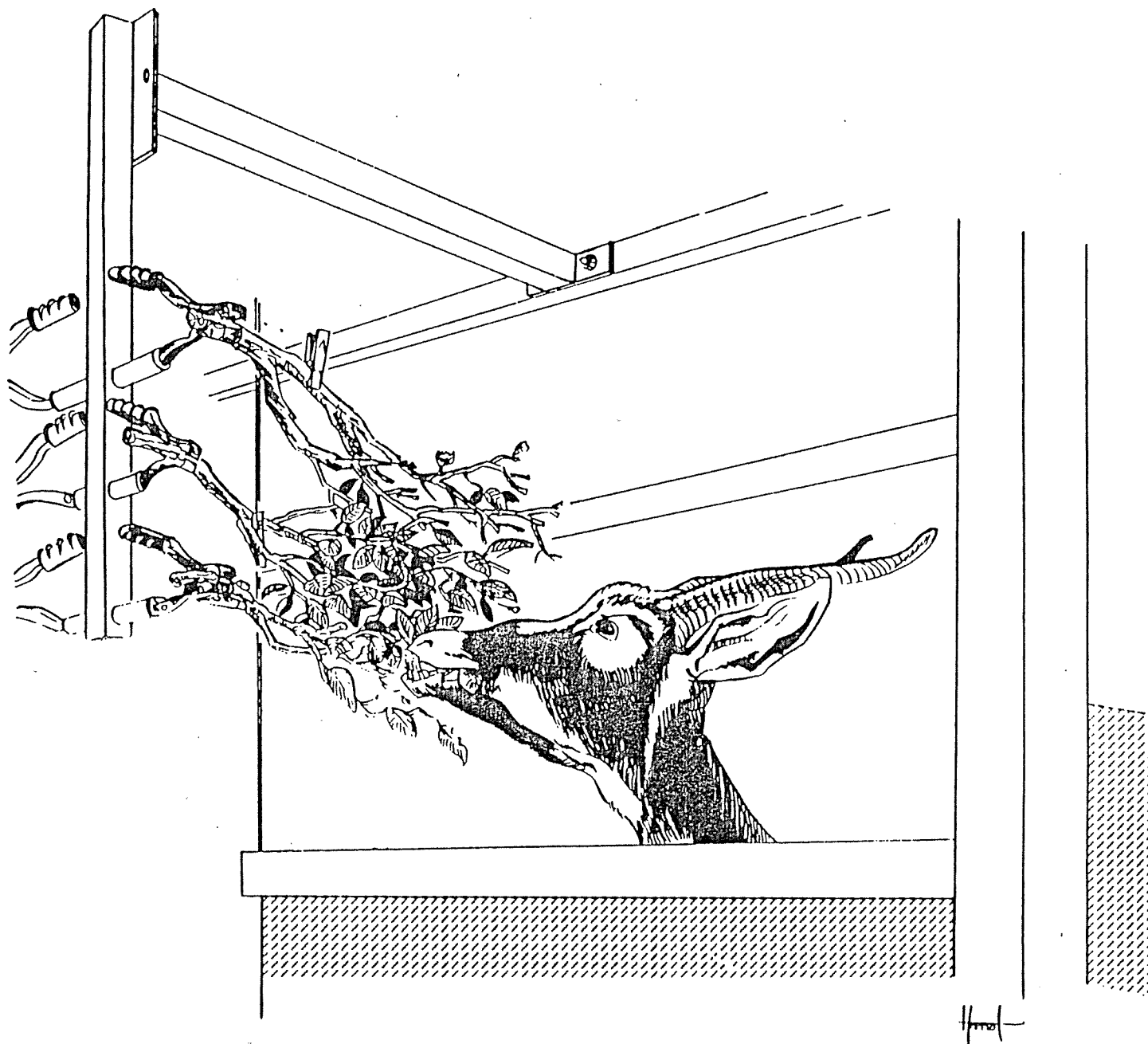


Figure 9.19 - Distribution de fourrage ligneux à des chèvres en cage de digestibilité

utiliser à leur place des fourrages verts cultivés et de la paille de riz pour représenter les graminées et du niébé ou de l'arachide pour représenter les légumineuses.

Une dizaine d'essais de ce type devrait suffire s'ils sont bien conduits. Les résultats pourraient être complétés en vue de leur généralisation par l'analyse des fèces de bovins, d'ovins et si possible de caprins, ingérant en stabulation des rations rigoureusement identiques. L'ensemble des résultats devrait, à notre avis, fournir des indications suffisantes sur les différences entre l'utilisation des fourrages par les bovins et les petits ruminants.

Nous avons, à plusieurs reprises, évoqué la nécessité d'effectuer des essais sur des fourrages monospécifiques. Compte tenu de la difficulté de leur obtention sur parcours naturels, nous nous interrogeons sur l'opportunité de procéder à leur culture en station. On pourrait par exemple procéder au semis à doubles fins, agronomique et zootechnique, d'espèces amélioratrices dont on veut tester le comportement.

Validité des mesures de quantités ingérées en cage de digestibilité

D'une manière générale la consommation des animaux en cage a été faible en comparaison de celle que l'on a estimée au pâturage (chapitre X). Plusieurs raisons à cela peuvent être avancées :

- diminution des possibilités de tri par rapport aux conditions naturelles, même avec des taux de refus élevés. Ce point est d'ailleurs confirmé par la comparaison de la composition chimique des fèces des animaux alimentés en cage et au pâturage (cf chapitre X).

- manque de confort des animaux en particulier aux heures les plus chaudes.

- pauvreté en MAT des fourrages lorsqu'il s'agissait de pailles de graminées non complémentées.

Le même problème est souvent posé pour les fourrages ligneux dont la consommation est également faible en stabulation. Pour ces fourrages, cela s'explique plus par la différence de présentation que par les hypothèses évoquées ci-dessus. MEURET (1987) a montré l'intérêt d'une technique de distribution se rapprochant le plus possible des conditions du pâturage (figure 9.19). Cette technique est très lourde et n'est pas adaptée aux fourrages herbacés. Cependant il faudrait tester une autre possibilité consistant à distribuer le fourrage non hâché, avec des taux de refus élevés, dans des filets à larges mailles ; les moutons pourraient ainsi "cueillir" leur ration comme ils le font au pâturage.

Si cette mesure était insuffisante pour élever la teneur en MAT du régime des animaux en stabulation à 5-6 p.100 de MS, teneur proche des minima mesurés au pâturage (chapitre X), il serait nécessaire de distribuer des compléments azotés.

Ces diverses suggestions permettront peut-être de mieux mesurer l'ingestibilité des fourrages naturels, mais les résultats des mesures présentées dans ce chapitre ne doivent être considérés que comme indicatifs des variations de l'ingestion entre les saisons, entre les régimes complétés et ceux qui ne le sont pas, etc...

Intérêt de l'enregistrement des paramètres du comportement alimentaire pour estimer la valeur alimentaire des fourrages naturels

En stabulation, nous avons trouvé des relations assez précises entre la durée de mastication (ingestion + rumination) et la digestibilité des fourrages. Cependant, nous ne pensons pas que de telles relations puissent avoir une application au pâturage. Ceci pour diverses raisons, en particulier :

- la durée d'ingestion au pâturage est probablement fonction de la qualité des fourrages mais aussi de la répartition spatiale des espèces constituant le régime.

- la morphologie des espèces est très variée et d'elle dépend la taille des prises alimentaires donc la vitesse d'ingestion.

- etc...

Un enregistrement quantitatif des activités alimentaires au pâturage devrait donc plus reposer sur le dénombrement des mastications ou des déglutitions en supposant que celles-ci correspondent à des quantités constantes de fourrage. La mise en place d'une étude aussi complexe, nécessitant un matériel sophistiqué, fragile et onéreux, doit être précédée d'un important travail bibliographique que nous n'avons pas entrepris.

CHAPITRE X

ESTIMATION DE LA VALEUR NUTRITIVE DES RATIONS INGEREES AU PATURAGE ET DES QUANTITES INGEREES

INTRODUCTION

Les différences entre les compositions botaniques du régime ingéré par les animaux au pâturage et celles des parcours naturels ont été mises en évidence au chapitre VIII. L'étude de la valeur nutritive de la végétation herbacée a montré que, durant la plus grande partie de l'année, elle ne couvrirait pas les besoins d'entretien des animaux ; or les moutons peuvent prendre du poids pendant 9 à 12 mois par an et les bovins pendant 6 à 9 mois.

C'est donc la bonne adaptation du comportement alimentaire des ruminants qui leur permet, grâce à leur aptitude au déplacement et au tri, de se constituer un régime de valeur moyenne à bonne, même en saison sèche.

Il était donc intéressant d'essayer d'étudier la valeur alimentaire du régime effectivement ingéré par les animaux au pâturage et d'en analyser les variations bien que l'utilité de ce type d'étude soit souvent mise en question, compte tenu de l'imprécision qui entache les mesures (chapitres IV, V, VI), en particulier celles des quantités ingérées.

Cependant, en raison de l'absence quasi-totale de résultats dans ce domaine en Afrique tropicale sèche, il nous a paru utile d'effectuer un certain nombre de mesures au pâturage pour donner un ordre de grandeur de la valeur nutritive et des quantités ingérées ainsi que de leurs facteurs de variation.

Trois groupes de méthodes ont été retenus pour cette étude. Ils font appel à la collecte du berger "hand picking" des anglophones, à des prélèvements oesophagiens et du rumen et à des collectes de fèces, totales ou partielles. Elles ont été appliquées simultanément en vue de comparer et de choisir les plus performantes, sachant que les plus sophistiquées, prélèvements oesophagiens en particulier, ne sont utilisables que dans des conditions très particulières.

Au total, 1141 échantillons ont été collectés de 1980 à 1983 au niveau des pâturages de Doli, Tessekré et Vindou Tiengoli. Tous ont été analysés individuellement pour déterminer leur teneur en MO, MA et CB et on a procédé à des regroupements par espèce, par période, par type de pâturage, par "type chimique" (en fonction des teneurs en MA et CB) pour des analyses plus poussées (Van Soest, pepsine-cellulase, etc...).

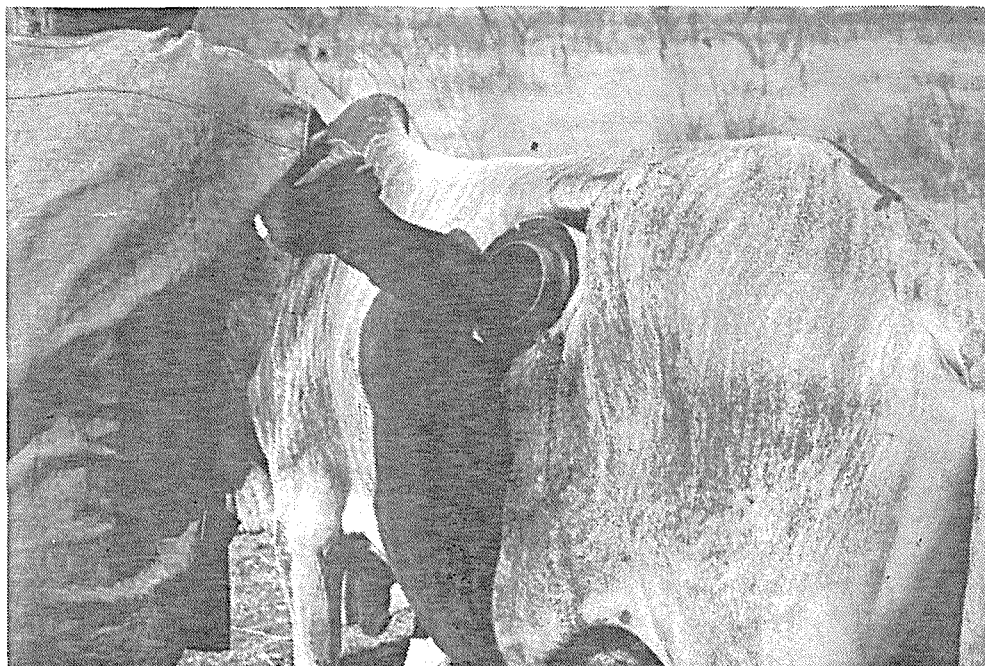


Photo 10.1 - Vidange du rumen
(Cliché FRIOT 1982)

Photo 10.2 - Zébu fistulé du
rumen au pâturage pendant une
séance de prélèvement
(Cliché FRIOT 1982)



Photo 10.3 - Remise en place
des contenus de rumen après
le prélèvement
(Cliché FRIOT 1982)

Les résultats de ces analyses appliqués aux équations de prévision présentées au chapitre IX devaient servir à estimer la digestibilité des rations ingérées.

La collecte totale des fèces selon la méthode de DICKO (communication personnelle) a été pratiquée au cours de 31 séries de mesures sur les ovins et de 55 sur les bovins de février 1981 à octobre 1983, à Tessekré et Doli. La combinaison de la digestibilité et de l'excrétion fécale devait nous conduire à estimer la quantité de fourrage volontairement ingérée (MSVI) au pâturage en utilisant l'équation :

$$\text{MSVI} = \frac{\text{MSFE}}{100 - \text{dMS}} \times 100$$

Ces quelques lignes décrivent la démarche, classique, que nous avons adoptée. La description détaillée des méthodes et des résultats permettra d'exposer tous les problèmes rencontrés, les sources d'erreurs et l'imprécision de chacune des méthodes utilisées.

X.1 - MATERIEL ET METHODES

X.1.1. Constitution d'échantillons représentatifs du régime

a) Collecte du berger

Lors des séances de collecte du berger décrites au chapitre VIII, l'observateur introduit dans un sac chacune des "pincées" qu'il constitue en s'efforçant d'imiter les prises alimentaires des animaux.

Ces échantillons sont ensuite séchés à l'étuve à 80°C pendant 24 heures puis envoyés au laboratoire pour être analysés.

b) Contenus du rumen

Un bovin porteur d'une grande fistule du rumen (11 cm de diamètre) a été présent dans les stations de Tessekré et Doli, de septembre 1980 à juillet 1982.

Les prélèvements mensuels ont été faits suivant la technique utilisée par BLANCOU et al (1977) : aux heures de grands repas, on procède à la vidange complète du rumen dont le contenu est conservé dans des bassines ; l'animal est relâché pendant une demi-heure. On prélève ensuite un échantillon du contenu représentatif du fourrage ingéré par l'animal pendant cette demi-heure et l'ensemble du contenu du rumen est réintroduit dans la panse. Les échantillons ont été séchés à l'étuve, parfois au soleil (rarement) sans égouttage préalable.

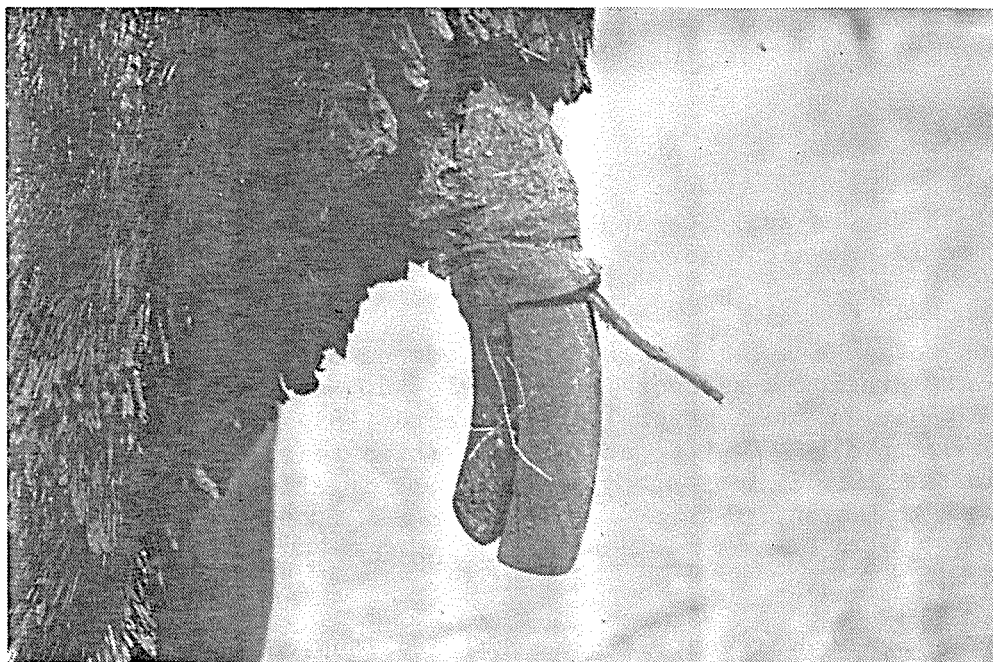


Photo 10.4 - Canule obturant
la fistule de l'oesophage
d'un mouton
(Cliché FRIOT 1982)

Photo 10.5 - Retrait de la
canule et mise en place d'un
sac de récolte de bol oeso-
phagien
(Cliché FRIOT 1982)



Photo 10.6 - Sac de récolte
de bol oesophagien
(Cliché FRIOT 1982)

On a noté lors des séances de prélèvement, une modification du comportement de l'animal, liée principalement à une perte d'équilibre due au déplacement de son centre de gravité.

Douze prélèvements ont été faits à Tessékéré en septembre 1980, février et mai-juin 1981 et ils ont eu lieu une fois par mois à Doli de juillet 1981 à août 1982. Le nombre restreint de prélèvements s'explique par le fait qu'un véhicule est indispensable pour transporter les contenus digestifs : ils n'ont donc pu avoir lieu que lors des missions. L'animal fistulé, devenu agressif et arrachant sa fistule sur les arbres, a été sacrifié en août 1982. Il a été remplacé par deux zébus fistulés de l'oesophage.

c) Prélèvements oesophagiens

Des moutons et des zébus ont été fistulés de l'oesophage par Ndiaga MBAYE et Safiétou TOURE FALL, respectivement à partir d'août 1981 et d'août 1982. Les fistules ont été obturées par des canules fournies par le C.R.V.Z. de Theix. La longévité des animaux fistulés a été irrégulière ; elle a varié de quelques mois à plus de 4 ans.

Les effectifs en service, uniquement à Doli, étaient faibles (2 zébus et 2 à 5 moutons) et inférieurs aux recommandations de la bibliographie, mais il n'a pas été possible d'augmenter ces nombres pour des raisons d'organisation et parce que l'entretien de ces animaux n'était pas aisé sur des pâturages pauvres dont les fourrages grossiers avaient un effet vulnérant dans la zone de cicatrisation.

En saison sèche, ils recevaient du tourteau d'arachide (70g/mouton et 500g/zébu) et du complément minéral pour compenser les pertes liées à l'écoulement permanent de salive au travers de la fistule et ainsi maintenir les animaux dans un état correct.

Les prélèvements duraient une demi-heure pendant les séances de collecte du berger et avaient lieu dans les mêmes zones de pâturage. Ils étaient pratiqués deux fois par semaine, alternativement le matin et le soir.

Les horaires de prélèvements étant ceux des grands repas, il n'y a pas eu, malgré l'absence de jeûne préalable, de problèmes entraînés par la rumination. Le comportement alimentaire spécifique des animaux fistulés n'a pas été étudié, mais les rares contrôles effectués n'ont pas montré de différence entre les durées quotidiennes d'ingestion des moutons fistulés et des moutons normaux.

Les prélèvements étaient recueillis dans des sacs en plastique non perforés, eux-mêmes protégés par des sacs en tissu. Le plus souvent, ils ont été séchés à l'étuve à 80°C sans séparation préalable des fractions solides et liquides. Cependant, à certaines périodes, ils ont été partagés en deux parties, l'une étant séchée directement, l'autre subissant un lavage ou un essorage manuel avant d'être placée à l'étuve.

X.1.2. Analyses des échantillons représentatifs du régime

X.1.2.1. - Analyses effectuées

La majorité des échantillons de collecte du berger et la totalité des bols oesophagiens proviennent de Doli où 8 à 12 échantillons de chaque type ont été constitués tous les mois pour chaque espèce animale. A Tessekré et à Vindou Tiengoli, les échantillons de collecte du berger ont été mélangés pour chaque période d'étude ; ainsi pour Vindou, on dispose pour les zébus, les chèvres et les moutons, de 5 échantillons constitués en octobre, janvier, mars, mai et août.

Sur tous les échantillons de Doli, ont été déterminées les teneurs en cendres, matières azotées et cellulose brute. Puis, pour un même mois et une même espèce, nous avons procédé à des regroupements en fonction des teneurs en cellulose brute et en matières azotées. Par exemple, pour les prélèvements oesophagiens des moutons en novembre 1982 :

C.B. en g/kg M.S.	M.A.T. en g/kg M.S.	Nombre d'échantillons regroupés
> 400		2
> 300	< 100	2
> 300	> 100	5
< 300	< 110	2
< 300	> 140	1

Cette distribution reflète l'hétérogénéité des rations ingérées sur un même pâturage en fonction de la zone exploitée, du jour etc...

Les échantillons de mélange ont été analysés plus complètement, en particulier on a déterminé les teneurs en constituants pariétaux par la méthode de Van Soest et mesuré la solubilité de la matière sèche et de la matière organique par la méthode pepsine-cellulase (AUFRERE 1982).

Pour un même mois, les résultats de ces analyses sont l'objet d'une moyenne pondérée en fonction du nombre d'échantillons participant à chaque regroupement.

X.1.2.2. - Problèmes méthodologiques

a) - Prélèvements oesophagiens

a.1 - Contamination par la salive et effet du mode de conditionnement.

Que le fourrage soit vert ou sec, les prélèvements oesophagiens ont une teneur en matière sèche (tableau 10.1) faible alors que celle des fourrages sur pied est, en saison sèche, de 90 p.100.

Tableau 10.2 - Différences entre les compositions chimiques des prélèvements oesophagiens de moutons en saison sèche 1981-1982 séchés directement à l'étuve ou après lavage

		g/kg MS	g/kg MO		en grammes par kg de matière sèche				
		MO	MA	CB	Si	Ca	P	Mg	K
Nombre d'échantillons		40	40	39	31	31	31	31	35
Prélèvements bruts	\bar{x} σ	845 (19)	90 (12)	289 (27)	31 (9)	12,8 (1,8)	4,1 (0,7)	4,2 (0,5)	24,7 (2,9)
Prélèvements lavés	\bar{x} σ	900 (15)	81 (10)	339 (29)	24 (9)	14,2 (2,4)	2,5 (0,6)	3,6 (0,4)	8,7 (3,2)
Différence		-55	9	-50	7	-1,4	1,6	0,6	16,0
Test de F		***	***	***	***	***	***	***	***

Tableau 10.3 - Différence entre les compositions chimiques des prélèvements oesophagiens de moutons en saison sèche 1982-1983 séchés directement à l'étuve ou après un essorage manuel

		Teneur MS en p.100	MO g/kg MS	MA g/kg MO	CB g/kg MO
Nombre d'échantillons			16	16	16
Prélèvements bruts	\bar{x} σ	210	851 (19)	108 (29)	329 (38)
Prélèvements essorés	\bar{x} σ	270	866 (24)	102 (25)	342 (35)
Différence			-15	6	13
Test de F			NS	NS	NS

Tableau 10.4 - Différences entre les compositions chimiques des prélèvements oesophagiens de bovins en saison sèche 1982-1983 séchés directement à l'étuve ou après un essorage manuel

		Teneur MS en p.100	MO g/kg MS	MA g/kg MO	CB g/kg MO
Nombre d'échantillons			34	34	34
Prélèvements bruts	\bar{x} σ	165	852 (40)	91 (15)	364 (43)
Prélèvements lavés	\bar{x} σ	270	859 (50)	83 (13)	343 (95)
Différence			-7	8	21
Test de F			NS	***	NS

Tableau 10.1 - Teneur en matière sèche des bols oesophagiens (g/kg)

	Saison sèche	Saison des pluies
Moutons	210	141
Bovins	165	126

Ces résultats permettent de calculer la salivation (par kg de paille ingérée), plus importante en saison sèche et plus intense pour les bovins :

6 litres de salive par kg de paille pour les moutons
11,5 litres de salive par kg de paille pour les bovins

La salive apporte des éléments organiques et minéraux mais elle dissout aussi une partie des constituants du fourrage (chapitre VI). Nous avons analysé des prélèvements presque totalement débarrassés de leur salive par un lavage à l'eau claire au-dessus d'une gaze, d'autre partiellement débarrassés par un essorage manuel également dans une gaze.

Le tableau 10.2 montre que le lavage modifie significativement la composition des bols oesophagiens de moutons collectés en saison sèche, en particulier la teneur en cellulose brute et la teneur en matières minérales, les éléments les plus affectés étant le potassium et le phosphore. La teneur en matières azotées diminue de 9 g/kg MO, mais il n'est pas possible de dire si cette différence est liée à la contamination du fourrage par la salive (plus probable) ou à l'entraînement des matières azotées du fourrage par le lavage.

L'essorage (tableaux 10.3 et 10.4) a un effet plus important sur les prélèvements des bovins, probablement parce qu'au départ ils contiennent plus de salive : pour les bovins, la teneur en matières azotées diminue de 8 g/kg M.O. au cours de l'essorage alors qu'elle ne varie pas significativement pour les moutons.

Ces pratiques étant difficiles à standardiser et rarement utilisées ailleurs, nous les avons abandonnées, tout en gardant à l'esprit que la salive jouait un rôle important sur la composition des bols et donc sur la digestibilité que l'on estimerait à partir de ces échantillons. Pour rendre possible la comparaison de la composition des bols oesophagiens à celle des fourrages collectés par d'autres méthodes, tous les résultats d'analyses ont été exprimés sur la base de la matière organique, ce que nous avons déjà fait ci-dessus pour comparer les traitements entre eux.

Tableau 10.5 - Compositions chimiques, solubilités "pepsine-cellulase" et digestibilité *in vivo* des fourrages utilisés pour comparer les caractéristiques des bols oesophagiens de moutons en cage à celles du "consommé" calculées à partir des résultats d'analyses des fourrages proposés et refusés : 7 fourrages de pâturages naturels, 2 foin de graminées cultivées, 6 fanes de légumineuses cultivées, 3 pailles de céréales, 2 ensilages de sorgho (N = 20)

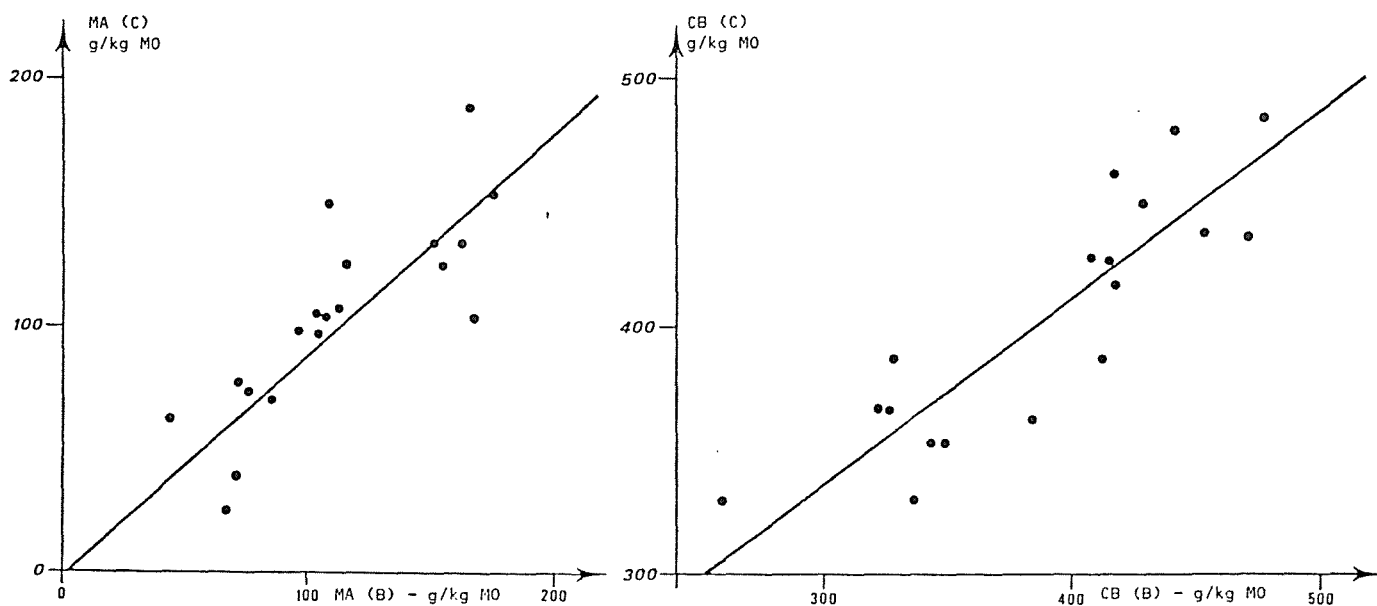
	dMO	SMS			SMO			MA			CB			ADF		
	en p.100							en g/kg MO								
		Consonné	Bol	Diff	C	B	Diff	C	B	Diff	C	B	Diff	C	B	Diff
n	20	17	17		17	17		20	20		20	20		17	17	
\bar{X}	55,3	54,9	55,2	-0,3	52,5	51,5	+1	103	120	-12	402	391	+11	483	472	+12
S	7,1	11,5	9,7	1,3	11,6	10,4	1,2	46	44	5,7	46	55	5,9	60	68	11,1
Max.	65,6	69,4	68,1		66,9	66,2		209	216		483	478		602	578	
Min.	35,9	32,3	36,8		26,7	34,8		23	44		329	279		402	367	
Test T		NS			NS			*			NS			NS		

a) Matières azotées

MA (C) = 0,887 MA (B) + 2 ± 25 r = 0,844 n = 20

b) Cellulose brute

CB (C) = 0,729 CB (B) + 11 ± 23 r = 0,875 n = 23



c) Autres critères

ADF (C) = 0,713	ADF (B) + 148 ± 39	r = 0,792
SMS (C) = 1,05	SMS (B) - 3 ± 5,6	r = 0,884
SMO (C) =	SMO (B) + 1 ± 5,2	r = 0,839
SMO (B) = 1,06	SMS (B) - 7 ± 1,6	r = 0,987
SMO (C) = 0,983	SMS (C) - 1,4 ± 2,5	r = 0,978

Figure 10.1 - Relations entre la composition chimique (g/kg MO) et la solubilité pepsine-cellulase de fourrages (n = 20) consommés (C) lors d'essais de digestibilité *in vivo* en cage et des bols oesophagiens (B) correspondants

a.2 - Comparaison de bols oesophagiens aux fourrages consommés lors d'essais de digestibilité "in vivo" en cage (figure 10.1 et tableau 10.5)

Afin de mettre au point d'éventuelles corrections permettant de mieux caractériser le régime à partir de la composition de bols oesophagiens nous avons effectué des prélèvements sur des moutons fistulés maintenus en cage au cours de 20 essais de digestibilité *in vivo*. L'essentiel de ce travail a été mené postérieurement à l'étude des parcours naturels du Ferlo et, en conséquence, sur des fourrages différents (principalement sur des sous-produits de l'agriculture) de ceux étudiés sur les pâturages. Ce choix, correspond cependant bien, par les écarts (tableau 10.5) entre les fourrages très pauvres (pailles de céréales) et ceux plus riches (fanés d'arachide), à la diversité floristique des espèces qui constituent le régime des animaux au pâturage.

Pour l'ensemble des critères analytiques, les coefficients de corrélation sont supérieurs ou égaux à 0,8 (figure 10.1) mais les écarts-types résiduels attachés aux équations de régression sont élevés (20 à 40 g/kg MO pour les MAT et les constituants pariétaux ; 5 points pour la SMS et la SMO). Ces équations ont été appliquées pour estimer la composition des fourrages ingérés sur pâturage à partir de celle des bols oesophagiens (cf. c et X.2.1.). On notera l'écart de 7 points entre la SMS et la SMO des bols oesophagiens alors qu'il n'est que de 1 point pour le fourrage consommé ; cette différence est bien sûr liée à la présence dans les bols de minéraux apportés par la salive.

La différence entre les moyennes des critères analytiques, exprimées sur la base de la matière organique, des bols oesophagiens et des fourrages consommés n'est significative que pour les M.A.T. (12 g/kg M.O.) ce qui montre l'effet contaminant de la salive conformément aux conclusions de la bibliographie.

a.3 - Effectifs des animaux fistulés. Différences entre individus

Pour évaluer l'ordre de grandeur de l'imprécision liée au faible effectif des animaux fistulés utilisés, nous avons comparé entre elles les compositions de bols oesophagiens recueillis simultanément sur deux individus ou plus.

Les différences observées entre les deux zébus (tableau 10.6), présents d'août 1982 à octobre 1983, sont significatives pour les matières minérales (18 g/kg M.S.), ce qui est sans grande importance puisque les autres résultats d'analyse sont exprimés sur la base de la matière organique et pour les matières azotées (10 g/kg M.O.). Les différences entre les teneurs en cellulose brute sont faibles (4 g/kg M.O.) et non significatives.

Peu de différences significatives ont été trouvées entre les compositions chimiques des bols oesophagiens recueillis sur les moutons (tableau 10.7) mais il faut noter que le nombre des échantillons comparés est souvent très réduit (3 à 4 prélèvements par individu).

Tableau 10.6 - Comparaison des compositions chimiques des bols oesophagiens prélevés simultanément sur deux zébus

DIFFERENCES ENTRE ZEBUS DES COMPOSITIONS CHIMIQUES DES BOLS OESOPHAGIENS

		MO en g/kg MS				MA en g/kg MO				CB en g/kg MO			
Saisons		SP 82	SS 82-83	SP 83	Toutes saisons	SP 82	SS 82-83	SP 83	Toutes saisons	SP 82	SS 82-83	SP 83	Toutes saisons
Effectifs prélèvements		14	19	13	46	14	19	13	46	14	19	13	46
Numéro zébus													
254	\bar{x}	857	844	785	831	153	84	198	137	305	370	230	310
	σ	(24)	(26)	(72)	(52)	(48)	(15)	(31)	(58)	(84)	(42)	(73)	(86)
9 999	\bar{x}	875	855	814	849	172	92	200	147	294	368	228	306
	σ	(15)	(56)	(52)	(51)	(49)	(8)	(47)	(61)	(82)	(41)	(88)	(89)
Différence		- 18	- 11	- 29	- 18	- 19	- 8	- 2	- 10	11	2	2	4
Test de F		**	NS	*	**	*	*	NS	**	NS	NS	NS	NS

Tableau 10.7 - Comparaison des compositions chimiques des bols oesophagiens prélevés simultanément sur 2 ou 3 moutons

DIFFERENCES ENTRE MOUTONS DES COMPOSITIONS CHIMIQUES DES BOLS OESOPHAGIENS

		MO en g/kg MS								MA en g/kg MO								CB en g/kg MO											
		SS 81-82	SP 82		SS 82-83		SP 83		SS 81-82	SP 82		SS 82-83		SP 83		SS 81-82	SP 82		SS 82-83		SP 83								
Effectifs prélèvements		7	8	4	3	4	3	3	18	5	4	7	8	4	3	4	3	3	18	5	4	7	8	4	3	3	18	5	4
Numéros moutons																													
357	\bar{x}	838 (14)	855 (43)	864 (12)	870 (10)	842 (11)	769 (9)	854 (31)	826 (25)	90 (12)	197 (21)	201 (20)	134 (29)	96 (18)	104 (29)	199 (52)	247 (29)	281 (17)	216 (57)	197 (11)	379 (63)	316 (17)	223 (74)						
287	\bar{x}	865 (22)									96 (16)							306 (24)											
326	\bar{x}	865 (22)	850 (20)									200 (24)	230 (14)							230 (62)	158 (13)								
308	\bar{x}			872 (8)	862 (15)							228 (18)	206 (29)							195 (15)	187 (18)								
236	\bar{x}			852 (27)								212 (14)									222 (33)								
259	\bar{x}			864 (29)										106 (19)									358 (23)						
367	\bar{x}					840 (6)									84 (3)	108 (26)							287 (13)						
215	\bar{x}							848 (30)	825 (21)							219 (43)	258 (15)												
721	\bar{x}					757 (22)			813 (30)									263 (45)							212 (76)				
Différence entre maxima et minima		27	10	22	12	6	2	8	14	13	6	3	2	11	28	12	4	20	16	25	14	37	35	21	29	11			
Test de F	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	*	NS	*	NS	NS	**	NS				

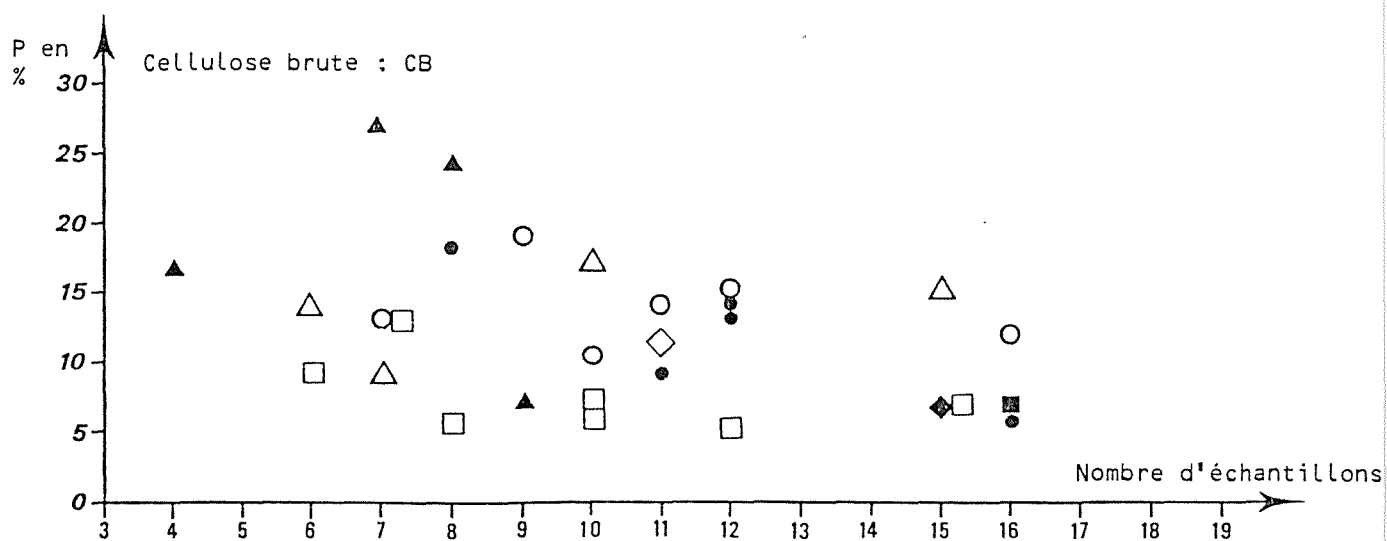
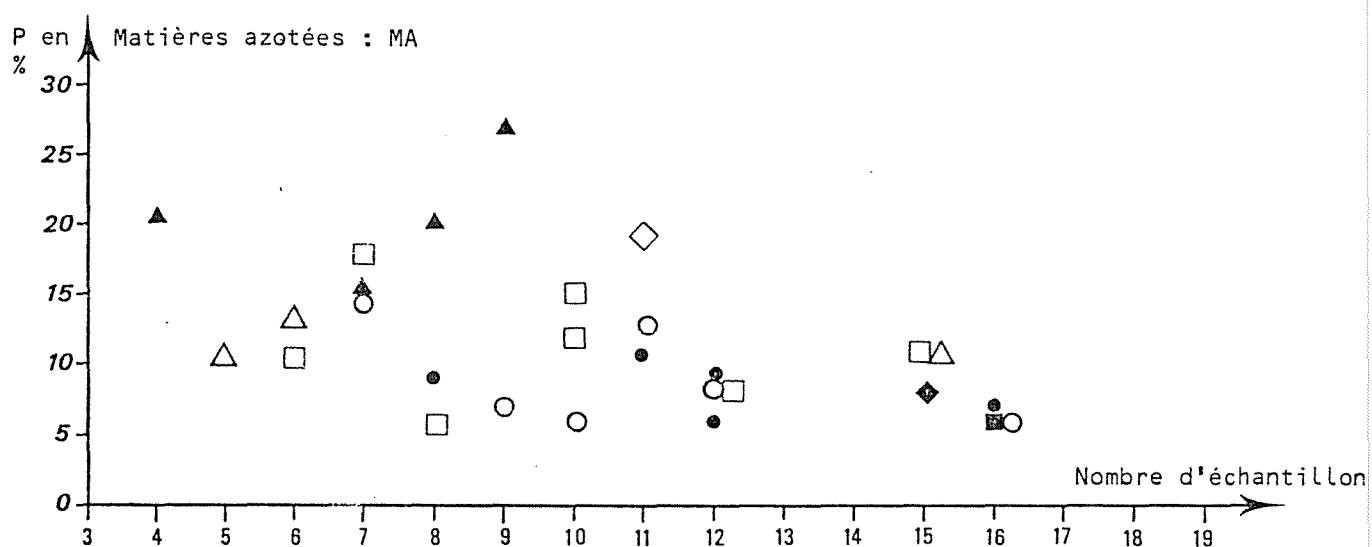
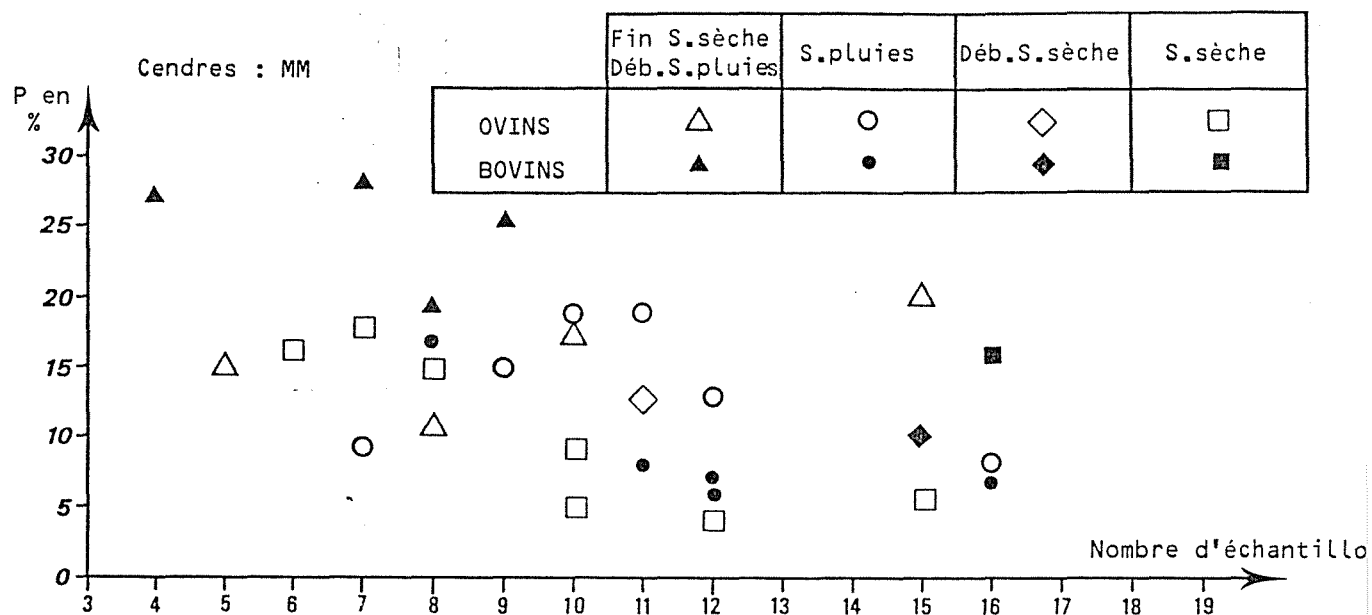


Figure 10.2 - Précision P en p.100 (au seuil $\alpha = 0,05$) de l'estimation des teneurs moyennes mensuelles en MM, MA, CB des prélèvements oesophagiens sur bovins et ovins en fonction du nombre de prélèvements

On retiendra surtout que les différences entre individus peuvent atteindre 20 à 30 g/kg M.O. pour les M.A.T. et 30 à 40 g/kg M.O. pour la C.B., différences comparables à celles mises en évidence entre types de prélèvements (cf § X.1.2.c) et entre types de pâturages (§ X.2.1.).

a.4 - Fréquence des prélèvements - Précision de l'estimation de leur composition moyenne

Les prélèvements de bols oesophagiens ont été regroupés par mois, parfois par quinzaine aux changements de saison. Compte tenu des variations d'effectifs, leur nombre est compris entre 5 et 16 par période. Nous avons calculé pour les analyses faites sur les échantillons unitaires (M.M., M.A.T., C.B.) la précision permise par ce dispositif.

La variabilité entre les compositions des bols, caractérisée par la précision des estimations des teneurs moyennes en M.M., M.A.T., C.B., recouvre les variations liées aux pâturages exploités au cours de la période, aux individus, aux horaires de prélèvements, etc...

Le taux de précision ($P = \frac{i.c.}{\bar{X}} \times 100(1)$), très variable d'une situation à l'autre, est compris, pour des effectifs supérieurs à 10 échantillons, entre 5 et 15 p.100 aussi bien pour les M.A.T. que pour la C.B. Pour des effectifs plus faibles, il peut atteindre 25 p.100. La distribution de P en fonction du nombre d'échantillons et de la saison (figure 10.2) n'indique pas clairement d'effet de la saison sur la variabilité de la composition des bols oesophagiens.

Le calcul pas à pas de la composition moyenne de bols oesophagiens recueillis en janvier et décembre 1982 montre que la précision attachée à ce critère évolue peu au-delà de 8 prélèvements et que, pour les ovins, les teneurs des bols en M.A.T. est plus variable que celle en C.B. (figure 10.3).

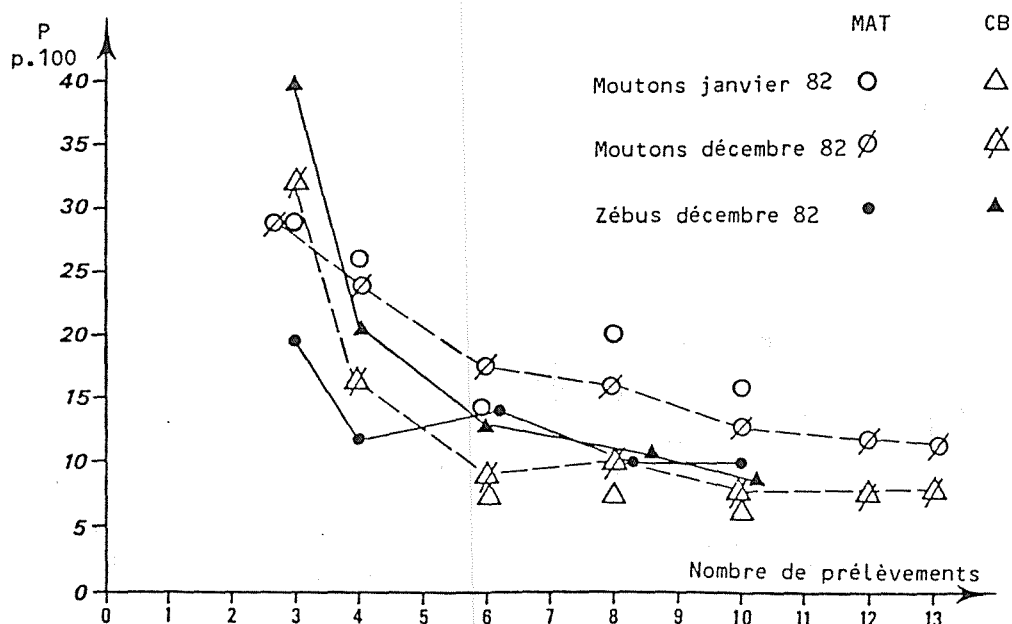


Figure 10.3 - Précision (pour $\alpha = 0,05$) de l'estimation des teneurs en MAT et CB des bols oesophagiens des bovins et des ovins en fonction du nombre de prélèvements : exemples de janvier et décembre 1982

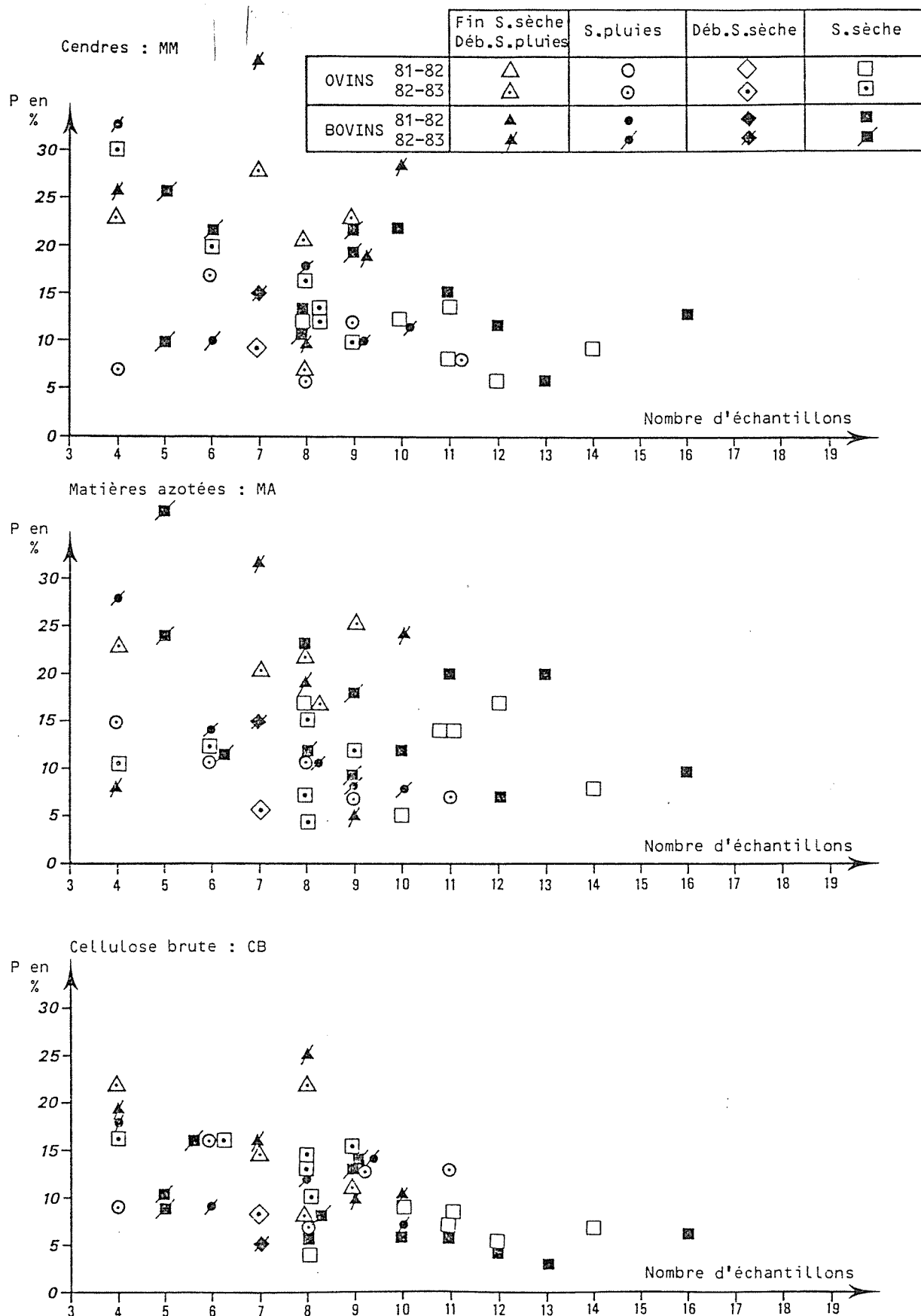


Figure 10.5 - Précision P (en p.100 pour $\alpha = 0,05$) de l'estimation des teneurs moyennes mensuelles en MM, MA, CB des collectes du berger imitant les bovins et les ovins, en fonction du nombre de prélèvements

b) Collecte du berger

b.1 - Nombre de prélèvements

La dispersion de P en fonction de la saison, de l'espèce animale et du nombre de prélèvements (figure 10.5) est plus grande que celle qui caractérise les bols oesophagiens pour les M.A.T. (5 à 25 p.100) et est identique pour la C.B. (5 à 15 p.100) pour des échantillons comptant 10 collectes du berger.

Le calcul pas à pas des teneurs moyennes en M.A. et C.B. des collectes du berger (exemple de janvier 1982 : figure 10.6) montre que l'accroissement du nombre de séances au-delà de 8 à 10, pour un pâturage et une période donnés, est inutile et ne permet pas d'améliorer la précision de la caractérisation du régime. Dans le cas considéré, les collectes du berger apparaissent plus homogènes que les bols oesophagiens pour les teneurs en M.A.T.

Figure 10.5 - Précision (pour $\alpha = 0,05$) de l'estimation des teneurs en M.A.T. et C.B. des collectes du berger en fonction du nombre de prélèvements : exemple de janvier 1982

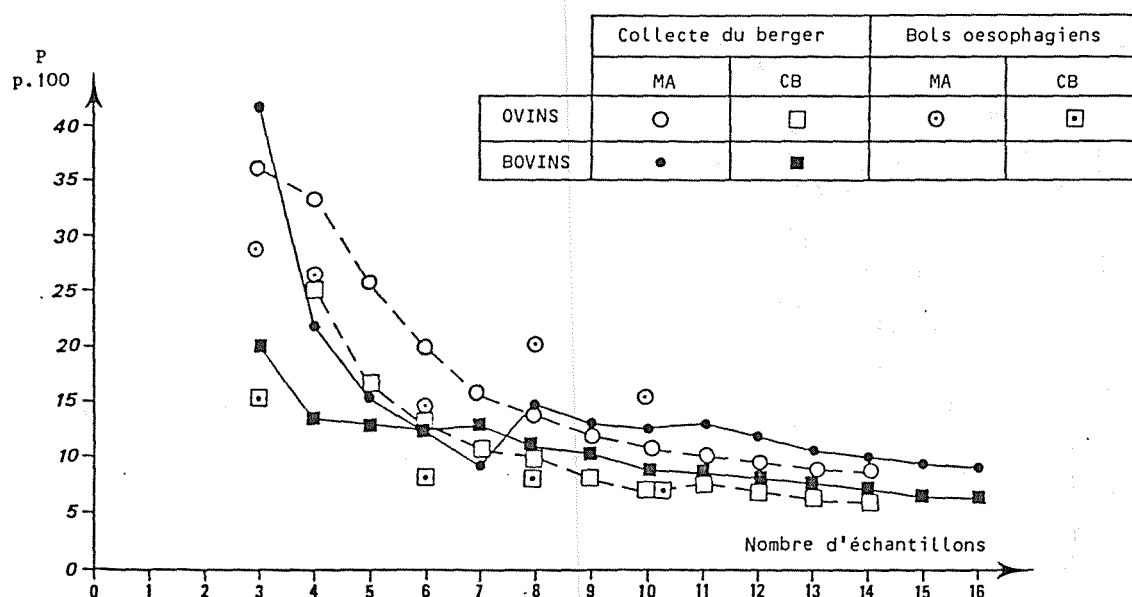


Figure 10.6 - Précision (pour $\alpha = 0,05$) de l'estimation des teneurs en MAT et CB des collectes du berger en fonction du nombre de prélèvements : exemple de janvier 1982

b.2 - Différences entre observateurs

Les différences entre les comportements individuels des animaux n'interviennent pas sur l'hétérogénéité des collectes du berger puisque l'opérateur s'efforce de reproduire le régime d'une espèce animale à partir de ses observations sur l'ensemble du troupeau. Par contre, il existe très certainement des différences entre opérateurs. Nous n'avons pas étudié cet aspect qui l'est actuellement dans le cadre du programme P.P.M. (SALL et GUILLON 1986).

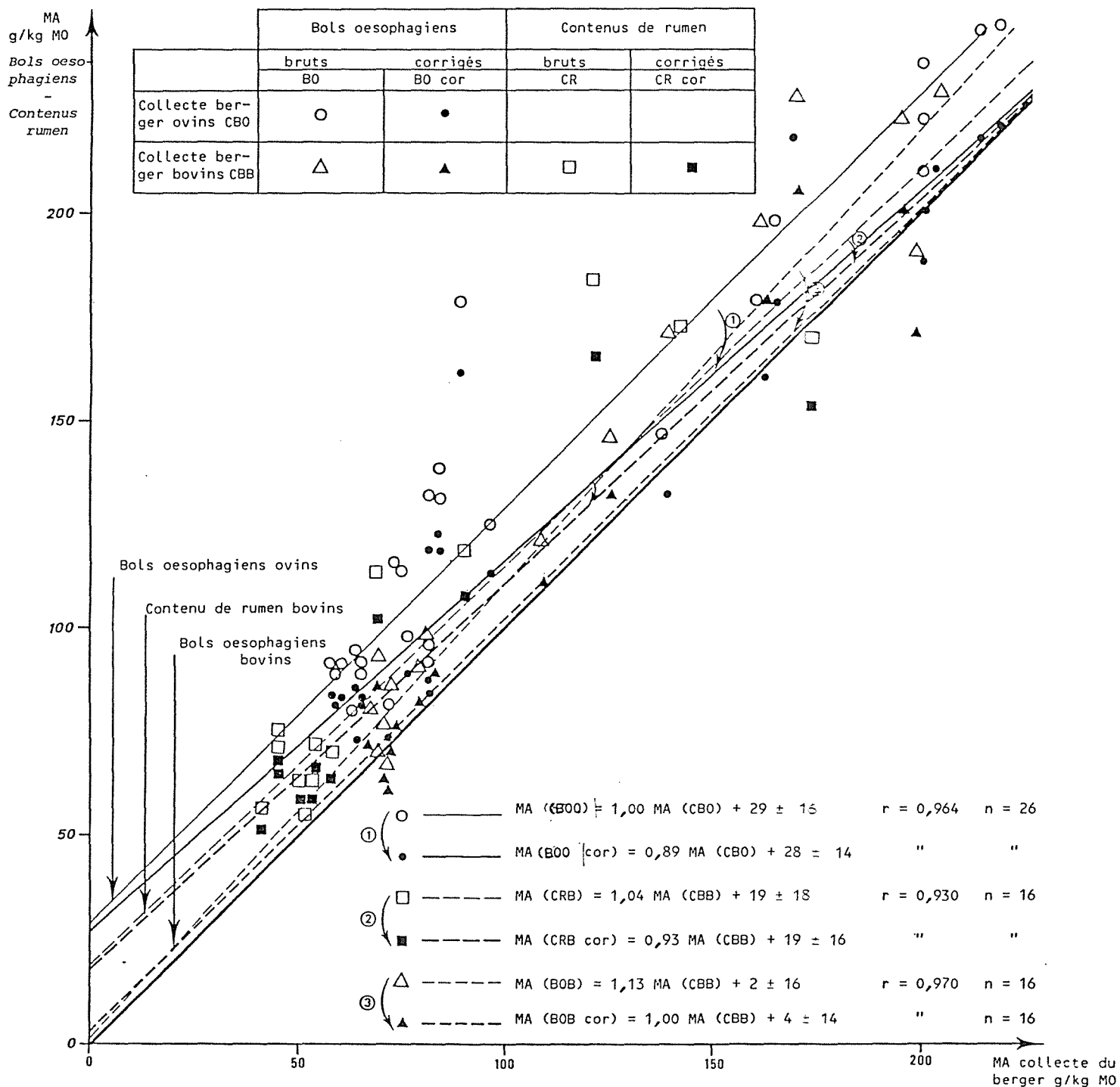


Figure 10.7 - Relations entre les moyennes mensuelles des teneurs en MAT (g par kg de matière organique) des collectes du berger (CB) et des bols oesophagiens (BO) ou des contenus de rumen (CR) bruts ou corrigés

c) Différences entre les collectes du berger et les prélèvements oesophagiens ou du rumen

Les différences entre les compositions moyennes des collectes du berger et des prélèvements recueillis sur les animaux fistulés sont le plus souvent significatives (tableau 10.8). Ces différences sont plus importantes pour les ovins dont le régime est plus difficile à reconstituer manuellement que celui des bovins. On remarque en particulier :

- l'écart important des teneurs en M.O. des deux types de prélèvements,
- l'écart de 32 g/kg M.O. et de 18 g/kg M.O. entre les teneurs en M.A.T. des collectes du berger et des bols oesophagiens respectivement pour les ovins et les bovins,
- l'écart de 6 points et l'absence de différence entre les S.M.O des collectes du berger et des bols oesophagiens respectivement pour les ovins et les bovins.
- que les différences calculées pour les constituants pariétaux sont inverses suivant que l'on considère C.B. ou A.D.F. dans le cas des ovins.

Ces différences sont aussi caractérisées par une grande variabilité (les écart-types sont élevés et les coefficients de variation souvent supérieurs à 100 p.100). Nous avons donc cherché à préciser les liaisons entre les caractéristiques des différents types de prélèvements. Pour cela nous avons calculé les coefficients de corrélation et le cas échéant les équations de régression caractérisant ces liaisons ; ces liaisons étaient faibles (sauf pour les M.A.T., figure 10.7), en traitant ensemble la totalité des données disponibles, aussi avons-nous repris ces calculs en considérant chaque pâturage séparément. Les équations de régression ont été calculées entre les collectes du berger (X) et les bols oesophagiens ou les contenus de rumen (Y), ces derniers étant bruts ou corrigés (cf. a.2).

Tableau 10.8 - Différences entre les caractéristiques moyennes des collectes du berger et celles des prélèvements recueillis sur les animaux fistulés

		g/kg MS			g/kg MO		p.100	
		MO	MAT	CB	ADF	Li	SMS	SMO
<u>OVINS</u>								
Collecte du berger	n	25	27	26	21	21	20	20
-Bol oesophagien	x	55 *	-31,9*	24,7*	-59,0*	-56,1*	-6,0 *	-5,2 *
	s	27	19,3	57,0	58,9	32,6	6,9	7,5
<u>BOVINS</u>								
Collecte du berger	n	15	16	16	14	12	16	16
-Bol oesophagien	x	67 *	-17,6*	-11,6 NS	-84,6 *	-54,7 *	0,8 NS	0,8 NS
	s	37	16,6	34,5	75,0	47,9	4,9	5,9
Collecte du berger	n	9	13	18	15	14	11	10
-Contenu du rumen	x	13 *	-22,4*	-6,8 NS	-39,9 *	-33,6 *	6,1 *	5,4 *
	s	11	17,7	42,4	46,6	43,1	4,0	3,5

Y1 = bols oesophagiens "bruts" Y2 = bols oesophagiens "corrigés" (cf a.2)

x = coefficient de corrélation non significatif ($\alpha = 0,05$)

2 = calculs à partir de résultats d'analyses d'échantillons unitaires

[illegible]

Y1= contenus de rumen et bols oesophagiens "bruts" Y2= contenus de rumen et bols oesophagiens
- = absence de données ou calculs non effectués "corrigés"

Y2= contenus de rumen et bols oesophagiens
"corrigés"

4 = calculs à partir de résultats d'analyses d'échantillons unitaires

$$7 = 5 + 6$$

		1 Tessekré 80 - 81 septembre 80 à juin 81					2 Doli 81 - 82 août 81 à juillet 82					3 Ensemble contenus de rumen					4 Doli 82 - 83 août à décembre 82					5 août 82 à Juin 83					6 Doli 83 août à octobre 83					7 Ensemble Bols oesophagiens				
		n	r	a	b	syx	n	r	a	b	syx	n	r	a	b	syx	n	r	a	b	syx	n	r	a	b	syx	n	r	a	b	syx	n	r	a	b	syx
MATg/kg MO	Y1	3	-	-	-	-	10	0,90	0,97	19	15	13	0,86	1,04	19	18	28	0,93	1,11	10	15	11	0,97	1,33	-18	10	5	0,81	0,86	43	-	16	0,94	1,13	2	16
	Y2	3	-	-	-	-	10	0,90	0,86	19	13	13	0,87	0,92	19	16						11	0,97	1,22	-14	9	5	0,81	0,76	41	-	16	0,94	1,00	3	14
CB	Y1	8	0,32	x	x	x	9	0,69	0,62	184	21	17	0,18	x	x	x	28	0,84	1,00	-8	42	11	0,86	1,47	-142	30	5	0,61	x	x	x	16	0,86	1,2	-51	33
	Y2								0,45	251	15													1,07	14	22				0,88	80	24				
NDF	Y1	7	0,63	x	x	x	2	-	-	-	9	0,07	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
ADF	Y1	7	0,62	x	x	x	8	0,73	0,48	322	24	15	0,30	x	x	x	-	-	-	-	-	9	0,84	1,76	-275		5	0,71	x	x	x	14	0,75	1,41	-92	70
	Y2							"	0,34	379	17												"	1,25	-47	36				1,01	80	>0				
L1	Y1	7	0,00	x	x	x	7	0,00	x	x	x	14	0,17	x	x	x	-	-	-	-	-	7	0,35	x	x	x	5	0,00	x	x	x	12	0,13	x	x	x
SMS p.100	Y1	-	-	-	-	-	11	0,78	0,69	8,7	3,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	0,54	x	x	x	5	0,51	x	x	x	16	0,38	x	x	x
	Y2							"	0,72	6,2	3,3																									
SMO	Y1	-	-	-	-	-	10	0,81	0,80	3,6	3,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	"	"	1,37	-18	3	5	0,07	x	x	x	16	0,44	x	x	x

Les teneurs en M.A.T. des deux types de prélèvements sont étroitement liées ($r = 0,93$ à $0,97$) aussi bien pour les ovins que pour les bovins. L'ordonnée à l'origine (figure 10.7) des droites de régression représentant la teneur en M.A.T. des prélèvements sur animaux en fonction de celles des collectes du berger est plus élevée pour les moutons que pour les bovins et pour les contenus de rumen que pour les bols oesophagiens ; elle ne varie pas et reste de l'ordre de 3 p.100 (30 g M.A.T./kg M.O.) pour les ovins même en corrigeant les bols, ce qui montre que pour les fourrages les plus pauvres le berger est moins sélectif que les ovins. Par contre, le fait de corriger la composition des bols pour les M.A.T. entraîne une diminution de la pente des droites de régression qui, pour les valeurs supérieures à 100 g M.A.T./kg M.O., sont très proches de la droite de référence $y = x$; c'est le cas en particulier pour les bols oesophagiens des bovins. Pour les ovins, la différence entre "MAT bols corrigés" et "MAT collecte du berger" reste de l'ordre de 10 g/kg MO pour des teneurs proches de 150 g/kg M.O.

Pour les autres critères analytiques, les liaisons sont beaucoup plus lâches (ADF-CB) ou inexistantes (Li ; SMS ou SMO pour les ovins) (tableaux 10.9 et 10.10) lorsque l'on considère l'ensemble des résultats. Les coefficients de corrélation sont parfois significatifs lorsqu'on les calcule séparément pour chaque pâturage, mais les coefficients de régression sont alors très différents d'un parcours à l'autre, ce qui signifie probablement que les différences de tri entre le berger et l'animal varient en fonction de la végétation. Il ne faut pas sous-estimer non plus les modifications chimiques des bols oesophagiens liées à la technique de prélèvement elle-même et au séchage (trop sévère dans le cadre de ces essais : 80°C) qui sont responsables d'une partie des différences et de leurs variations (chapitre VI). La correction de la composition des bols doit, au moins partiellement, prendre en compte ces modifications. Elle entraîne souvent au niveau des équations de régression (tableaux 10.9 et 10.10) une diminution des ordonnées à l'origine et de l'écart entre la pente calculée et celle de la droite de référence ($y = x$) égale à 1. Ce n'est pas le cas pour les contenus de rumen des bovins.

En conclusion, la teneur en M.A.T. des collectes du berger est étroitement liée, quoique inférieure, à celle des bols oesophagiens, quel que soit le type de pâturage. Par contre, les liaisons entre les constituants pariétaux des deux types de prélèvements sont lâches, plus faibles pour les ovins que pour les bovins et les équations de régression sont différentes d'un pâturage à l'autre. Il en est de même pour les solubilités pepsine-cellulase des prélèvements réalisés sur bovins ; pour ceux réalisés sur les ovins, les liaisons entre ces critères sont nulles.

X.1.3. Collecte totale des fèces

a) Technique

La collecte totale des fèces porte sur des effectifs de 8 moutons et 5 ou 6 zébus. Chaque série de mesures dure 5 jours. Les moutons sont équipés de sacs en toile grossière fixés pour la durée des mesures à l'aide de harnais

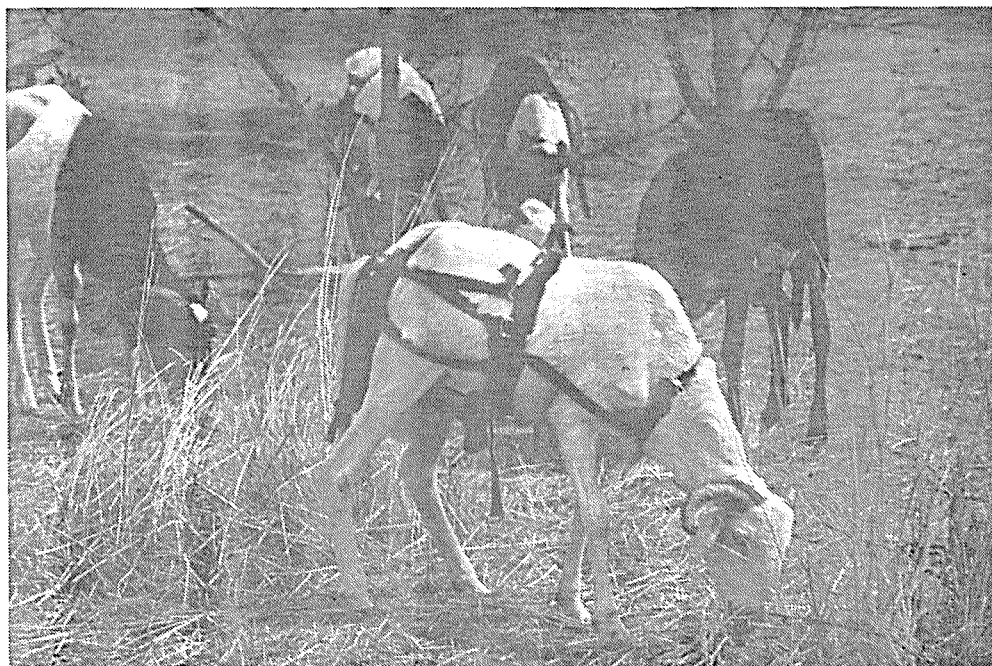


Photo 10.7 - Mouton mâle
équipé d'un sac de récolte
de fèces
(Cliché FRIOT 1982)

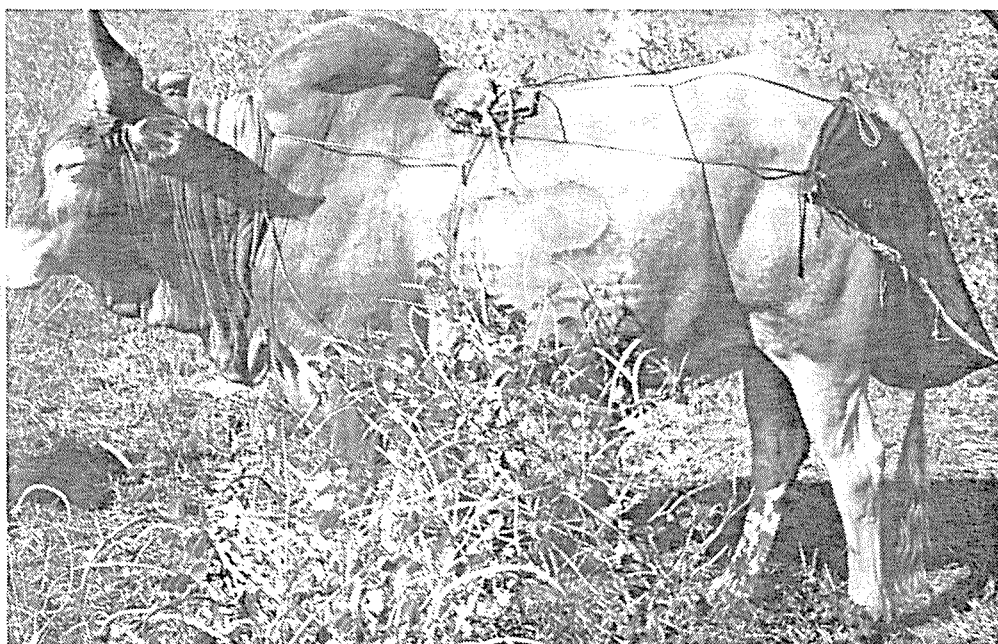


Photo 10.8 - Zébu portant un
sac de récolte des fèces
(Cliché FRIOT 1982)

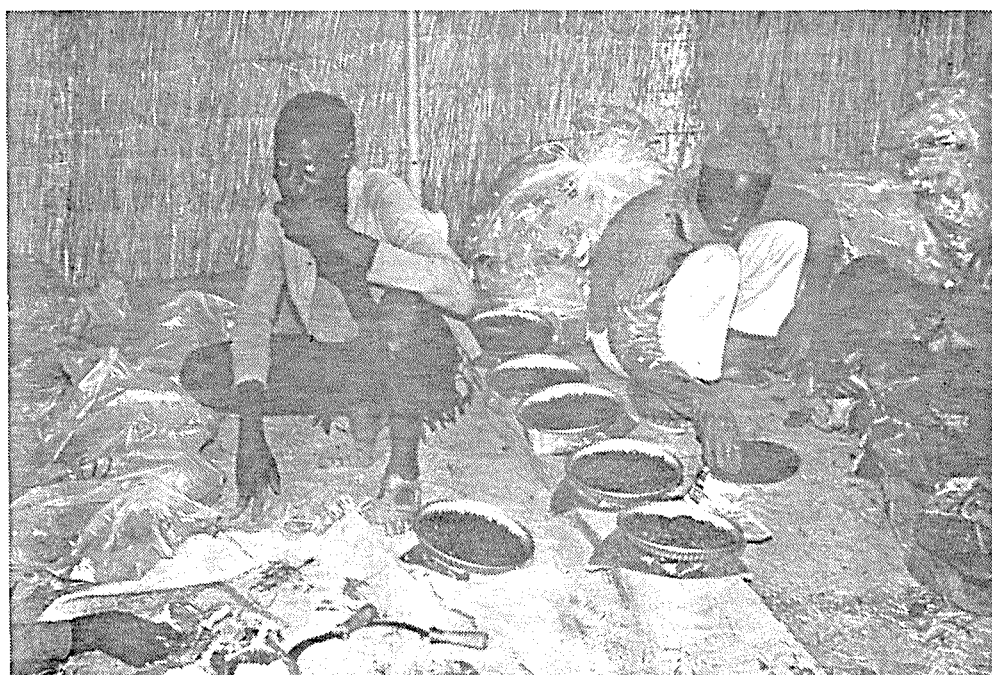


Photo 10.9 - Echantillonnage
et séchage des fèces de mouton
(Cliché FRIOT 1982)

réglables : ils sont vidangés par la partie inférieure, fermée par un lacet à 8 heures et à 18 heures ; les bovins portent des sacs amovibles en toile "jean" doublée de sacs en plastique. Les sacs préalablement tarés sont changés à 8 heures et à 18 heures. L'équipement pour la collecte et la technique de récolte sont identiques à ceux utilisés par Maïmouna DICKO (1980b) qui nous a initié à cette méthode. Nous lui renouvelons ici nos remerciements.

En cas de perte de matières fécales au pâturage, le berger doit rapporter les fèces tombées au sol, si cela est possible, ou signaler ces pertes ; dans ce dernier cas, il n'est pas tenu compte des mesures de la journée.

Le poids brut et la teneur en matière sèche des fèces de bovins sont déterminés sur la collecte de 8 heures et sur celle de 18 heures ; ceux des ovins sur le mélange des fèces récoltées à 18 heures et à 8 heures, les premières étant conservées pendant la nuit dans un sac en plastique. Ces mesures permettent de calculer la quantité de matière sèche fécale excrétée (M.S.F.E.) pour chaque jour et chaque individu.

Les animaux sont pesés au début et à la fin des mesures. La moyenne de ces deux poids sert au calcul de M.S.F.E. par 100 kg de poids vif ou par unité de poids métabolique ($P^{0.75}$) pour chaque animal.

b) Effet du matériel de collecte sur le comportement des animaux

Le port des sacs est parfois suspecté d'entraîner une diminution de l'ingestion (chapitre VI). Nous n'avons pas pu vérifier cette hypothèse ou son contraire, mais l'enregistrement de la durée d'ingestion au cours de 8 journées pour les moutons et de 5 journées pour les bovins (tableau 10.11) a montré que ce paramètre n'était pas influencé par le matériel de collecte des fèces pour les moutons ; pour les zébus, par contre, la différence moyenne de 14 minutes mesurée entre les durées quotidiennes d'ingestion d'animaux témoins et d'animaux porteurs de sacs est significative ; cette différence qui correspond à 3 p.100 de la durée totale d'ingestion, est cependant faible.

Des diminutions du poids vif des animaux pendant les périodes de mesures sont également enregistrées. Elles sont le plus souvent limitées à 0,5 ou 1 kg pour les ovins ou 5 à 6 kg pour les bovins mais elles peuvent atteindre pour cette espèce 10 à 15 kg en fin de saison sèche : à cette période, le port de sacs accentue les effets des fortes températures et de la plus faible accessibilité du fourrage.

c) Précision des mesures d'excrétion fécale

La précision des mesures de M.S.F.E. (pour $\alpha = 0,05$), comprise entre 5 et 12 p.100 pour les moutons et entre 6 et 14 p.100 pour les bovins, est souvent meilleure que celles généralement rapportées (10 à 15 p.100 - chapitre VI) aussi bien pour les quantités ingérées que pour l'excrétion fécale.

Tableau 10.11 - Effet du port de sacs à fèces sur la durée quotidienne d'ingestion
(en min)
(moyennes de n journées d'observations)

	n	\bar{x}	s	
Moutons avec sacs	11	544 a	104	NS
Moutons sans sacs	11	546 a	91	
Zébus avec sacs	7	467 b	12	*
Zébus sans sacs	7	481 c	16	

Tableau 10.12 - Différences d'excrétion fécale (en g MS/kg P^{0.75}/j) ayant 80% de chance d'être détectées à la probabilité de 5% avec 4, 6, 8, 12, 16 et 20 ovins et bovins

OVINS		S. pluies 81		S.S. fraîche		S.S. chaude 82		S. pluies 82		S.S. fraîche		S.S. chaude 83		S. pluies 83	
N1 (1)	N2 (1)					(2)				32	28	40	37	32	31
n = 4						11,0	10,9	6,7	4,9	6,9	5,4	9,5	8,7	6,2	6,3
n = 6						9,0	8,9	5,5	4,0	5,6	4,4	7,8	7,1	5,1	5,1
n = 8						7,8	7,7	4,7	3,4	4,9	3,8	6,7	6,1	4,4	4,4
n = 12						6,4	6,3	3,9	2,8	4,0	3,1	5,5	5,0	3,6	3,6
n = 16						5,5	5,5	3,4	2,4	3,4	2,7	4,8	4,3	3,1	3,1
n = 20						4,9	4,9	3,0	2,0	3,1	2,4	4,3	3,9	2,8	2,8
BOVINS										S.S. fraîche + S.S. chaude 83					
N1	N2			22	18	33	31	43	39		29	26		26	24
n = 4				17,5	10,1	9,5	8,7	7,8	7,0		8,6	6,9		10,4	9,6
n = 6				14,3	8,2	7,7	7,1	6,4	5,7		7,0	5,6		8,5	7,8
n = 8				13,2	7,6	6,7	6,1	5,5	4,9		6,1	4,8		7,3	6,8
n = 12				12,4	7,1	5,5	5,0	4,5	4,0		5,0	4,0		6,0	5,5
n = 16				11,7	6,7	4,7	4,3	3,9	3,5		4,3	3,4		5,2	4,8
n = 20				11,1	6,4	4,2	3,9	3,5	3,1		3,8	3,1		4,6	4,3

(1) - N1 : nombre total d'animaux en mesure ; N2 : nombre d'animaux retenus après élimination des mesures s'écartant de plus de 1,5 fois l'écart type

(2) Animaux complémentés avec 7 à 14 p.100 de tourteau d'arachide

Avec les résultats individuels dont nous disposons, nous avons calculé (méthode de PHILIPPEAU 1970 - d'après communication personnelle de DEMARQUILLY) les différences significatives entre séries de mesures pouvant être détectées en fonction des effectifs d'animaux utilisés (tableau 10.12). Ceux adoptés dans cette étude (8 moutons - 6 zébus) permettent de conclure sur la signification statistique de différences comprises entre 4 et 7 g MS/kg $P^{0.75}$ pour les ovins et entre 6 et 8 g MS/kg $P^{0.75}$ pour les bovins, si on élimine les résultats individuels s'écartant de la moyenne de plus de 1,5 fois l'écart type, soit 10 p.100 des effectifs environ.

X.1.4. Analyses sur les fèces

En général, les analyses ont été effectuées sur des mélanges des échantillons journaliers de tous les animaux servant aux mesures d'excrétion fécale. Toutefois, lors des premières séries de mesure de M.S.F.E. des échantillons individuels, parfois journaliers, ont été analysés.

A titre d'exemple, l'analyse de variance des teneurs en M.M., M.A.T., C.B., de 30 échantillons (6 zébus x 5 jours) n'a pas mis en évidence de différence significative entre les individus. De même, les teneurs en M.M. et M.A.T. ne varient pas significativement d'un jour à l'autre. Par contre, les teneurs en C.B. sont faiblement mais significativement différentes : 297.a, 285.b, 303.c, 295.a, 306.c g/kg M.S. (1) respectivement de J1 à J5. Ces variations pourraient indiquer des modifications de la vitesse de transit digestif dues au port des sacs.

Les résultats d'analyses d'échantillons individuels, mais correspondant à des mélanges de jours, sont plus nombreux ; ils permettent de calculer la précision qui caractérise l'estimation des moyennes de la composition chimique des fèces. Elle est de 8, 5, et 4 p.100 respectivement pour M.M., M.A.T. et C.B. des fèces récoltées sur 8 moutons. La même précision est attachée à l'estimation des teneurs en M.A.T. et C.B. des fèces de bovins récoltées sur des effectifs plus faibles (5 ou 6), mais pour cette espèce, l'estimation de la teneur en M.M. des fèces est moins précise (11 p.100) que pour les moutons.

(1) Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes entre elles



Photo 10.10 - Sac à fèces pour bovins. Modèle mis au point par Maïmouna DICKO (1980) du CIPEA
(Cliché FRIOT 1982)

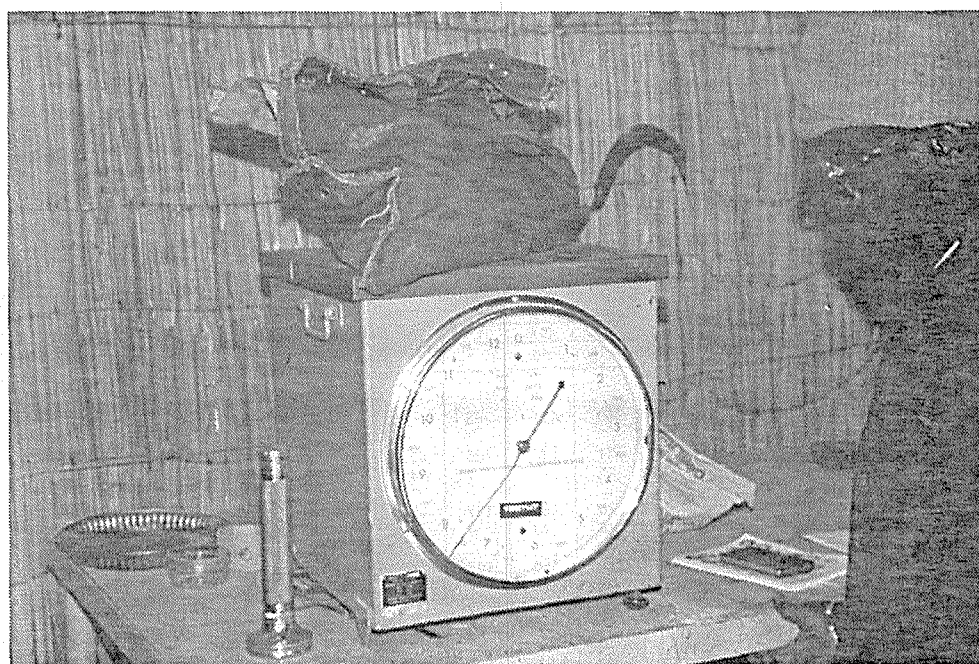


Photo 10.11 - Pesée d'un sac à fèces de bovin préalablement taré
(Cliché FRIOT 1982)

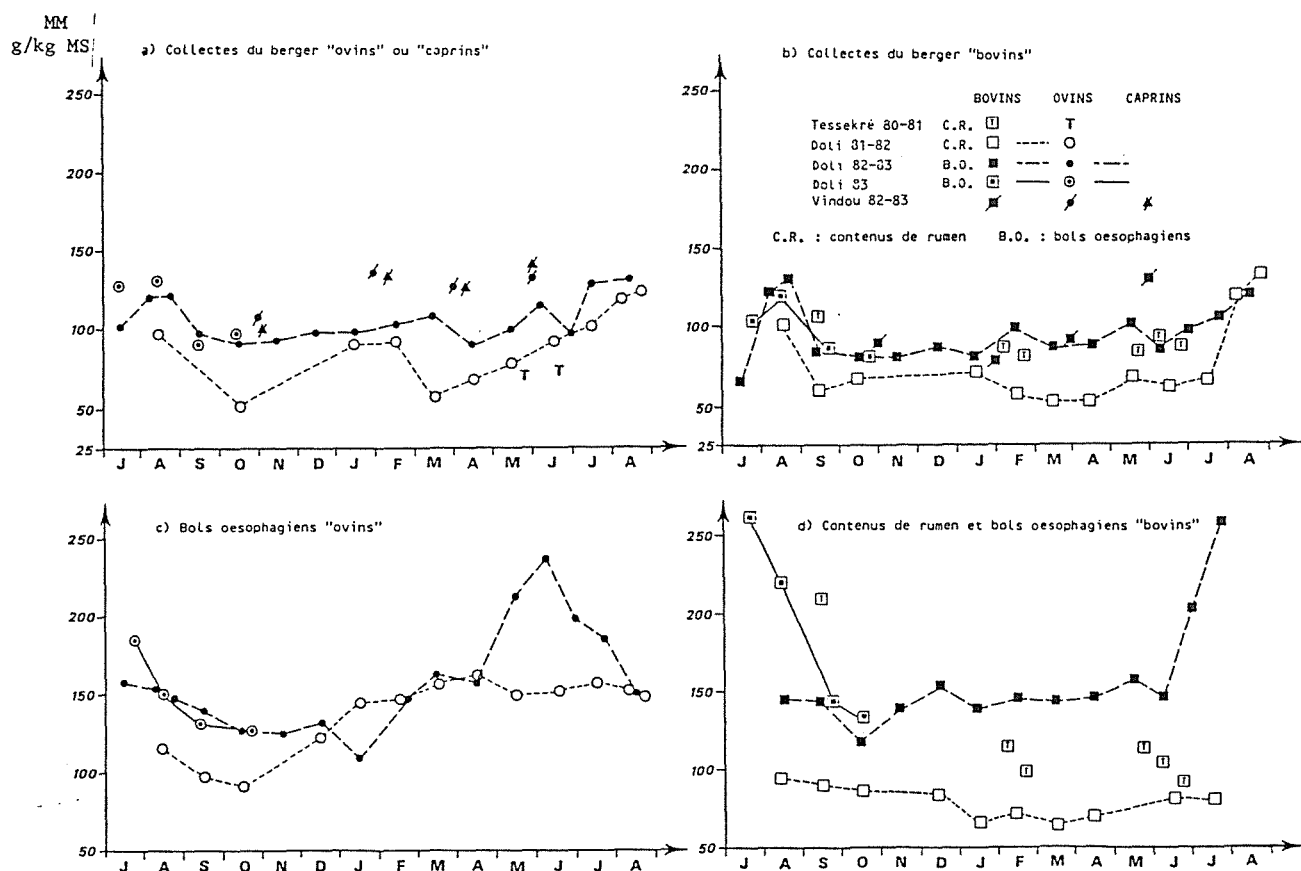


Figure 10.8 - Teneurs en cendres des collectes du berger, des contenus de rumen et des bols oesophagiens recueillis sur des bovins, des ovins et des caprins à Tessekéré, Doli et Vindou Tiengoli de 1980 à 1983

Tableau 10.13 - Principales caractéristiques du régime des ovins et des caprins au pâturage à Tessekéré, Doli et Vindou Tiengoli en saison sèche (moyenne des mois)

	Couvert herbacé fauché					Collecte du berger					Bols oesophagiens "corrigés"					Composition botanique du régime en p.100				
	MA	CB	ADF	Li	SMO p.100	MA	CB	ADF	Li	SMO p.100	MA	CB	ADF	Li (1)	SMO p.100	gram.	Lég.	Aut. herb.	Lig.	
	g/kg MO					g/kg MO					g/kg MO									
OVINS																				
Tessekré 1981	x s	48	390	480	60	44,5	56	340	494	65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Doli 1981-1982	x s	36 11	423 36	523 22	78 28	37,4	62 3	381 25	526 17	125 7	45,2 4,7	70 4	361 14	559 31	192 36	56,0	33	13	49	5
Doli 1982-1983	x s	49 23	440 51	550 30	91 34	37,9	77 4	326 25	480 23	127 7	49,5 2,5	83 16	375 24	564 11	182 6	52,5	4	25	65	6
Vindou 1982-1983	x s						134 16	244 28	340 24	103 17	57,5 1,3	-	-	-	-	-	-	-	-	
CAPRINS																				
Vindou 1982-1983	x s	35	407 320	-	-	-	145 18	229 29	283 16	106 11	58,4 0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	

(1) Valeurs non corrigées

X.2 - RESULTATS

X.2.1. Composition chimique et solubilité "pepsine-cellulase" du régime

REMARQUE : Arturo JUAREZ (1986) a déjà traité une partie de ces résultats. Ses conclusions sont intégrées à l'exposé ci-dessous.

Les moyennes mensuelles des compositions chimiques des collectes du berger, des contenus de rumen de bovins et des bols oesophagiens sont représentées pour les trois années d'expérimentation sur les figures 10.8 à 10.13 et sont récapitulées pour la saison sèche aux tableaux 10.13 et 10.14. Ces résultats suggèrent de nombreuses observations dont les principales sont :

a) Cendres

Les teneurs en cendres des collectes du berger (50 à 125 g/kg MS) sont, en saison sèche, plus élevées que celles du fourrage fauché (35 à 65 g/kg MS) et peuvent être classées suivant un ordre inverse de celui de la productivité des parcours (par exemple pour les ovins : Vindou-600 kg MS/ha : 127 g/kg MS ; Tessekré-700 à 1000 kg MS/ha : 107 g/kg MS ; Doli 1982-1983-1500 kg MS/ha : 98 g/kg MS ; Doli 1981-1982 - 2000 kg MS/ha : 75 g/kg MS). Les figures 10.8 a et 10.8 b montrent également que les teneurs en MM des collectes du berger sur bovins sont (1) un peu inférieures à celles des petits ruminants.

La teneur en cendres des bols oesophagiens des petits ruminants, minimale en début de saison sèche, augmente au fil des mois comme celle du couvert herbacé (IX.2.2 b p.119), mais plus rapidement que cette dernière. Cette évolution est probablement liée à plusieurs facteurs :

- augmentation de la teneur en cendres des fourrages.
- contamination croissante de l'ingéré par de la terre, le pâturage étant de plus en plus ras.
- accroissement de la sécrétion salivaire, les fourrages consommés étant de plus en plus grossiers (2).

Les fortes teneurs en cendres (180 à 250 g/kg MS) des bols oesophagiens prélevés sur les ovins en début de saison des pluies correspondent à l'ingestion de plantules portant des particules de terre.

Les contenus de rumen des bovins qui peuvent être assimilés, compte-tenu du mode de prélèvement, à des bols oesophagiens égouttés ou partiellement essorés contiennent moins de cendres que ce type d'échantillons à l'état brut. Les teneurs en cendres des bols oesophagiens des bovins varient moins au cours de la saison sèche que celles des ovins mais elles augmentent beaucoup plus en début de saison des pluies les bovins étant moins habiles que les petits ruminants pour saisir les plantules sans ingérer en même temps de la terre.

(1) cette comparaison comme celles qui suivent découle de l'observation des graphiques mais n'ont pas été l'objet de tests statistiques.

(2) Cette hypothèse serait à vérifier par l'examen des teneurs en MS des bols oesophagiens

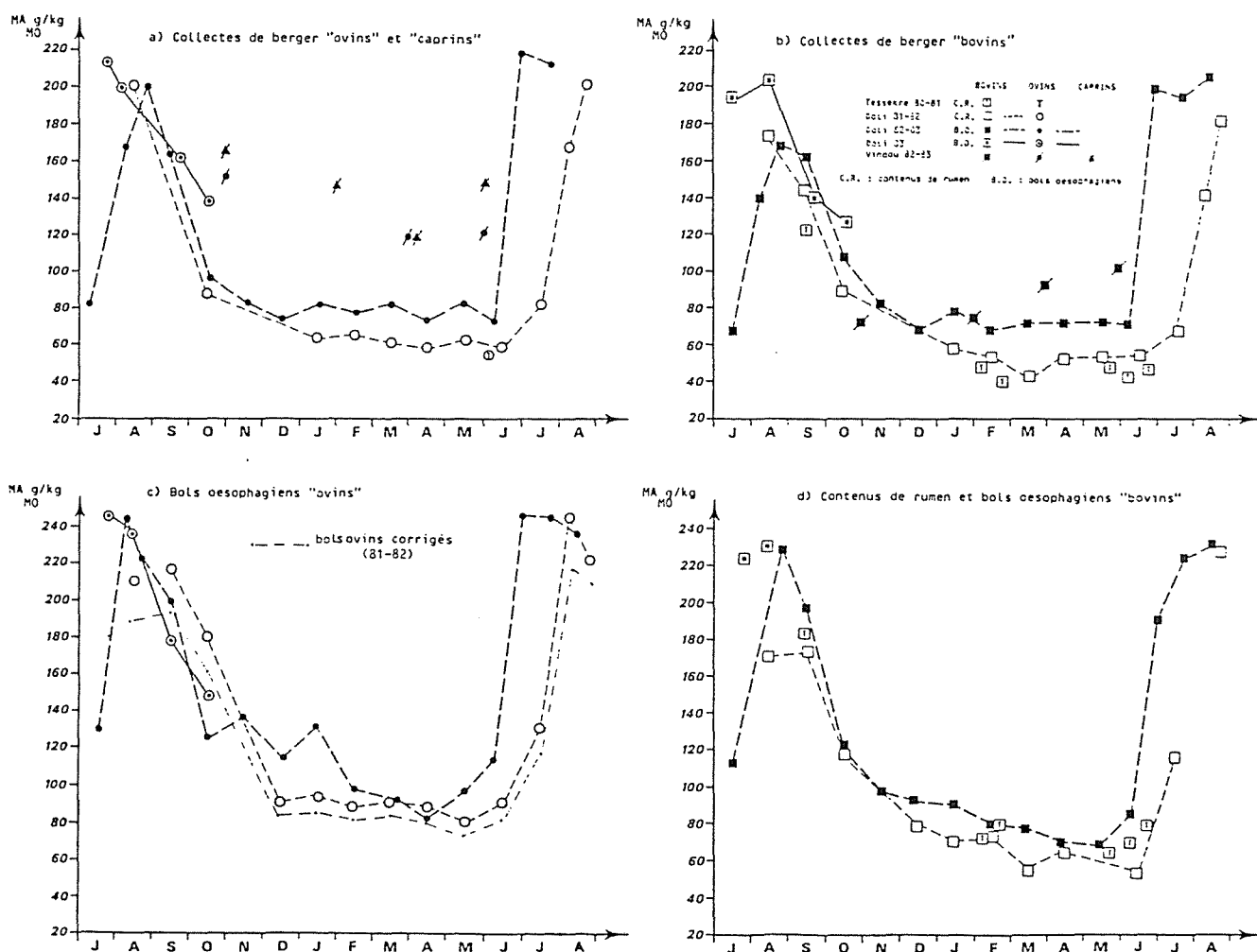


Figure 10.9 - Teneurs en matières azotées (MAT en g/kg MO) des collectes du berger, des contenus de rumen et des bols oesophagiens "bruts" et "corrigés" recueillis de 1980 à 1983

Tableau 10.14 - Principales caractéristiques du régime des bovins au pâturage à Tessekéré, Doli et Vindou Tiengoli en saison sèche (moyenne des mois)

	Couvert herbacé fauché					Collecte du berger						Contenus de rumen - Bols oesophagiens "corrigés"					Composition botanique du régime en p.100			
	MA	CB	ADF	Li	SMO p.100	MA	CB	ADF	Cell	Li	SMO	MA	CB	ADF	Li(1)	SMO p.100	gram.	Leg.	Aut.	Lig.
	g/kg MO					g/kg MO						g/kg MO								
Tessekéré 1981	\bar{x} 48	390	480	60	44,5	45	391	501	432	69	-	56	392	509	88	45,7	-	-	-	-
Doli 1981-1982	\bar{x} 36	423	523	78	37,4	52	404	542	430	112	42,0	50	438	560	111	37,7	57	13	25	5
	s 11	36	22	29		6	22	22												
Doli 1982-1983	\bar{x} 49	440	550	91	37,9	71	352	513	390	123	49,2	65	407	584	168	48,7	25	28	39	8
	s 23	51	30	34		3	17	6												
Vindou 1982-1983	\bar{x} 35	407				85	354	439	357	87	49,1	-	-	-	-	-	82	2	2	14
	s	310				14	22													

(1) Valeurs non corrigées

b) Matières azotées

Les teneurs en MAT des collectes du berger "ovins" suivent les variations saisonnières de celles du tapis herbacé mais sont en moyenne supérieures à celles-ci (tableau 10.13). Les collectes du berger "bovins" (tableau 10.14) ont une teneur en MAT intermédiaire.

Les teneurs en MAT des bols oesophagiens des petits ruminants, même "corrigées", sont supérieures à celles des collectes du berger (cf § X.1.2.2. a2 p. 141), mais on remarque surtout que leur diminution en début de saison sèche est plus progressive.

Pour les bovins, les teneurs en MAT des deux types de prélèvements (collectes du berger et bols oesophagiens) sont proches et évoluent de la même façon.

Les fourrages ingérés en saison sèche à Vindou sont plus riches en MAT que ceux ingérés à Doli en 1982-1983, eux-mêmes plus riches que ceux de Doli en 1981-1982.

Les différences entre espèces animales, années, pâturages pour les MAT s'expliquent par la composition botanique des régimes. Nous avons tenté de préciser la liaison entre ces deux paramètres descriptifs du régime : le tableau 9.1 (p.111) montre qu'en saison sèche la teneur moyenne en MAT des graminées et autres familles herbacées (30 à 50 g/kg MS) est inférieure de moitié à celle des légumineuses (60 à 100 g/kg MS) et que celle des ligneux (120 à 200 g/kg MS) est deux fois plus élevée que celle des légumineuses. Nous avons donc affecté à chaque type de fourrage un coefficient (1, 2 ou 4) proportionnel à sa teneur en MAT et calculé un indice de valeur azotée du régime (tableau 10.15). Le coefficient de corrélation entre cet indice, basé sur la composition floristique et la teneur en MAT des collectes du berger est élevé ($r = 0,92$) et la précision de l'estimation de la teneur en MAT du fourrage (± 11 g/kg MS) est acceptable. Ce type de résultats montre l'intérêt de l'étude du comportement des animaux pour l'évaluation de la valeur nutritive des parcours.

Tableau 10.15 - Relation entre un indice de valeur azotée du régime des ruminants, déterminé à partir de la composition botanique de la collecte du berger et la teneur en MAT de la collecte du berger

CALCUL DE L'INDICE DE VALEUR AZOTEE (V.A.) :

- | | |
|--|-----|
| . COEFFICIENT APPLIQUE AUX GRAMINEES (G) ET AUTRES FAMILLES HERBACEES (AH) | : 1 |
| . " LEGUMINEUSES (L) | : 2 |
| . " LIGNEUX (Liq) | : 4 |

$$V.A. = \frac{1}{\sqrt{2}} (\% G + \% AH) \times \frac{1}{\sqrt{2}} + (\% L \times 2) + (\% Lig. \times 4) \quad \text{avec} \quad \% G + \% AH + \% L + \% Lig = 100$$

CARACTERISTIQUES DE LA COL- LECTE DU BERGER	B O V I N S						O V I N S						CAPRINS
	DOLI 81-82	DOLI 82-83				VINDOU 82-83	DOLI 81-82	DOLI - 82-83				VINDOU 82-83	VINDOU 82-83
		ZR	ZJ	ZB	ZV			ZR	ZJ	ZB	ZV		
INDICE DE VALEUR AZOTEE : V.A.	128	162	129	156	124	144	125	172	125	141	134	213	329
MAT (g / kg MO)	52	89	65	71	67	85	62	87	73	79	77	134	150

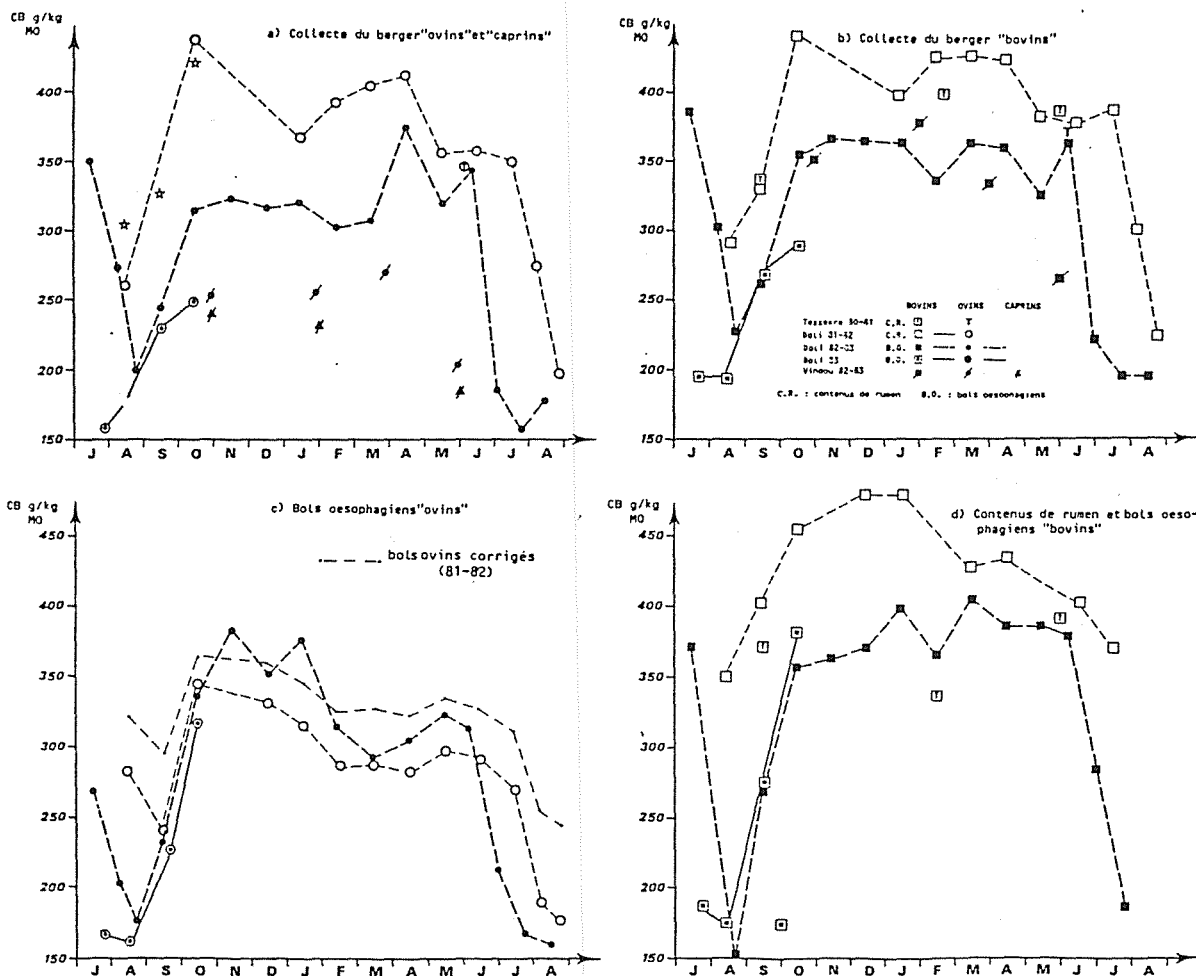


Figure 10.10 - Teneurs en cellulose brute (CB en g/kg MO) des collectes de berger, des contenus de rumen et des bols oesophagiens recueillis de 1980 à 1983

c) Cellulose brute

Les teneurs en CB mesurées sur les différents types de prélèvements reflètent les différences entre pâturages et entre espèces animales : la teneur en CB du régime varie d'une année et d'une saison à l'autre tout en restant inférieure à celle du fourrage disponible et est plus élevée pour les bovins que pour les ovins (tableaux 10.13 et 10.14).

La comparaison entre les bols oesophagiens des moutons et les collectes du berger reproduisant le régime de cette espèce appelle quelques remarques :

- la teneur en CB des collectes du berger ne diminue pas au cours de la saison sèche, comme celles du tapis herbacé ou des bols oesophagiens.

- l'écart entre les collectes du berger "ovins" prélevées en saison sèche 1981-1982 et en saison sèche 1982-1983 est de 60 g/kg MO en moyenne alors qu'il n'est que de 10 g/kg MO pour les bols oesophagiens. En première analyse, nous aurions tendance à attribuer les fortes teneurs en CB des collectes du berger des ovins en 1981-1982 au manque d'expérience des observateurs en première année d'expérimentation.

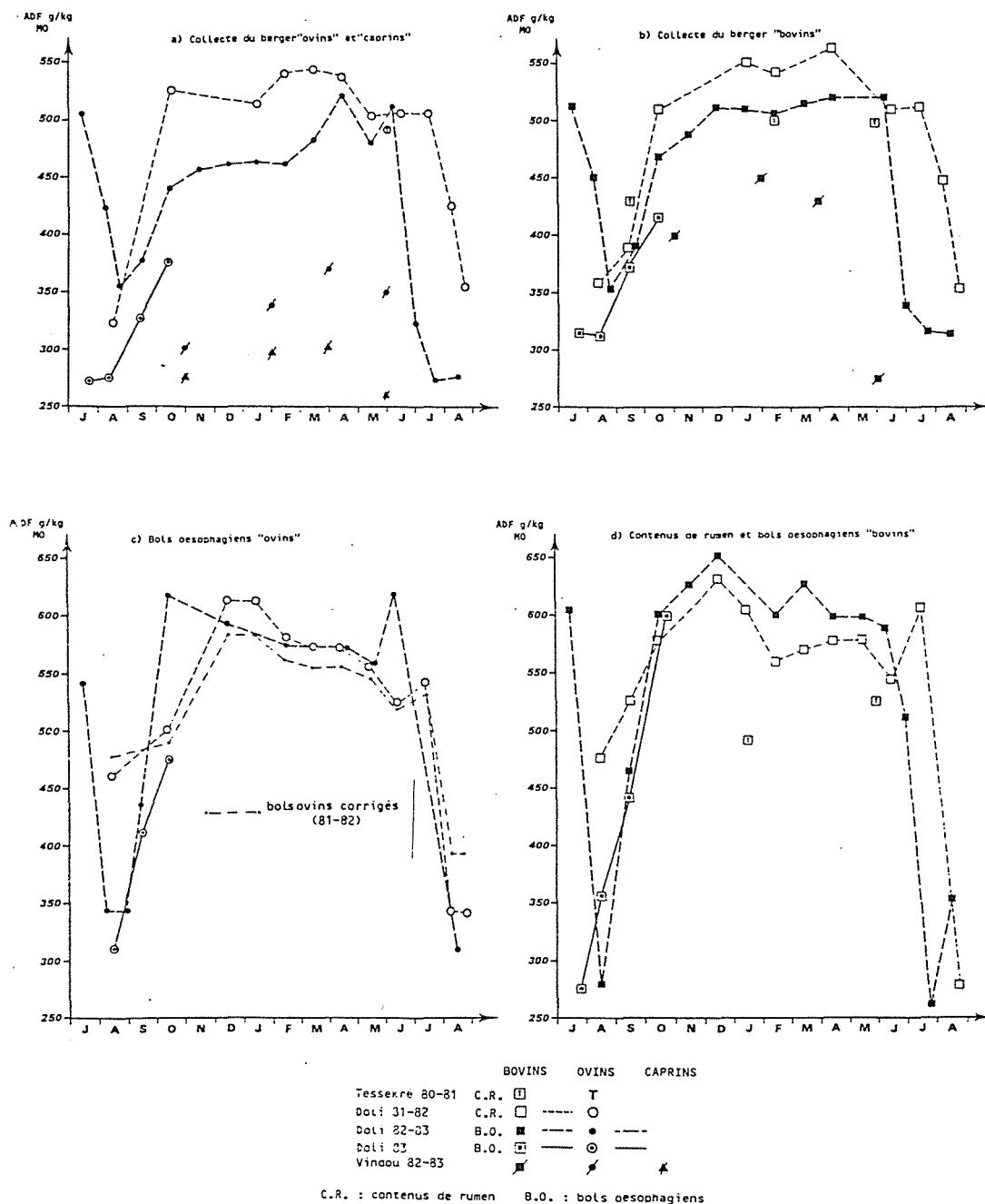


Figure 10.11 - Teneurs en ADF (g/kg MO) des collectes du berger, des contenus de rumen et des bols oesophagiens recueillis de 1980 à 1983

L'allure générale des courbes décrivant l'évolution des teneurs en CB des prélèvements relatifs aux bovins est proche pour les deux types de prélèvements. Cette observation, en contradiction avec ce qui précède à propos des ovins, est liée au fait qu'il est plus facile de reconstituer le régime des bovins que celui des ovins, surtout si la flore est variée.

d) ADF et lignine

Les teneurs en ADF des collectes du berger relatives aux moutons sont peu différentes de celles du tapis herbacé. En effet, pour cette espèce, le choix des organes les moins grossiers est compensé par la consommation préférentielle de légumineuses plus riches en ADF (figure 10.11a et tableau 10.13).

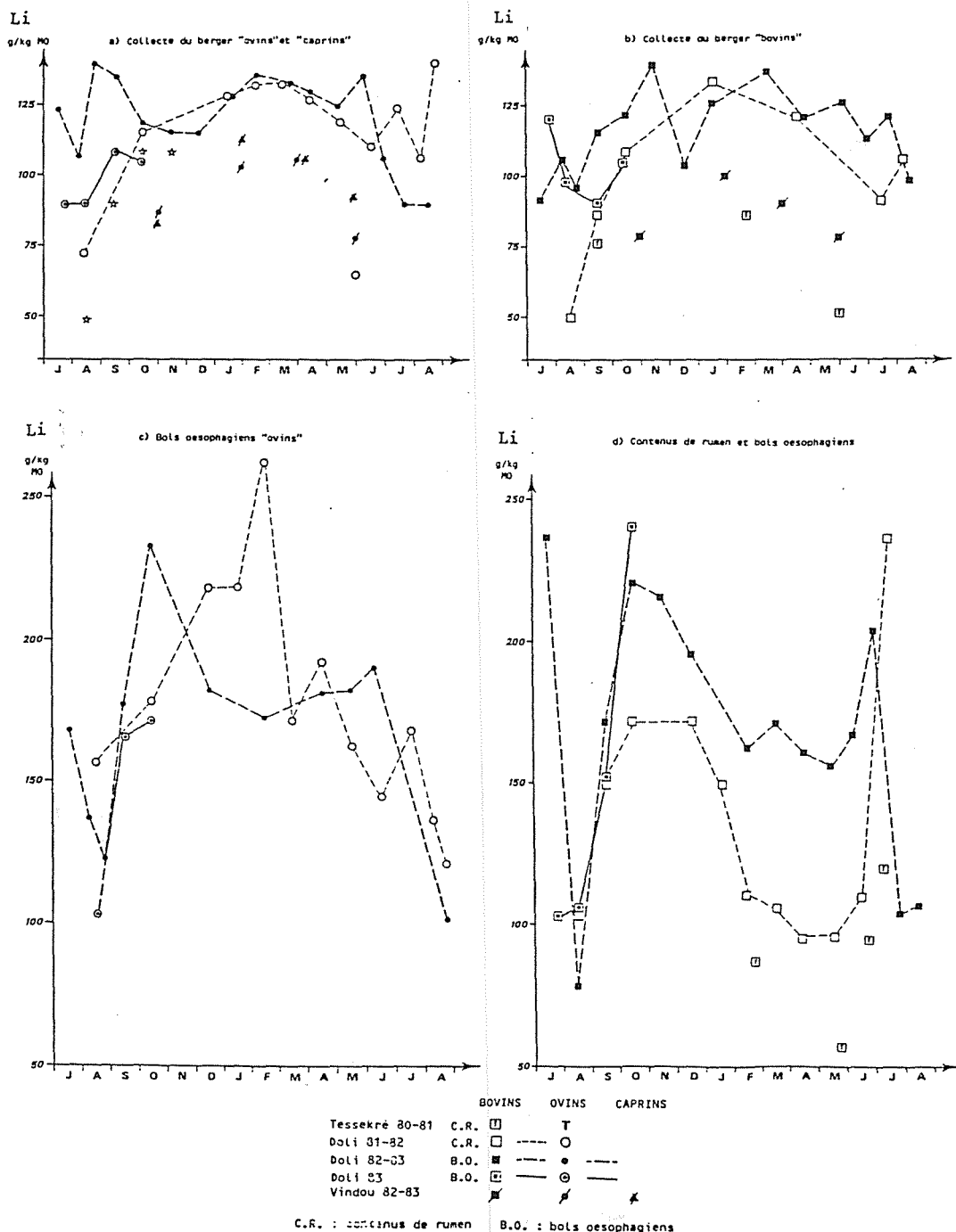


Figure 10.12 - Teneurs en lignine (g/kg MO) des collectes du berger, des contenus de rumen

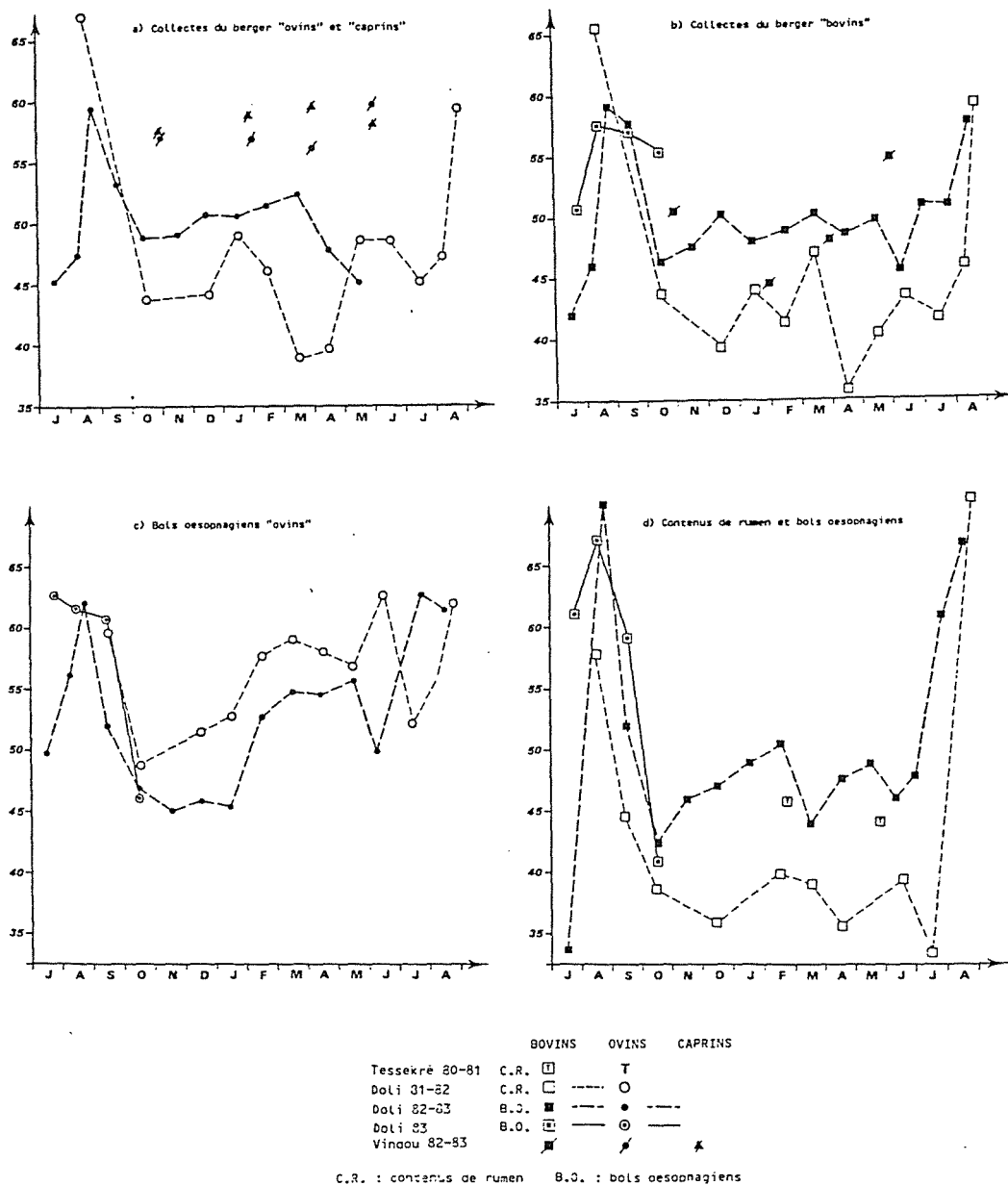


Figure 10.13 - Solubilité pepsine-cellulase (SMO en p.100) des collectes du berger, des contenus de rumen et de bols oesophagiens recueillis sur des bovins, des ovins et des caprins à Tessekré, Doli et Vindou Tiengoli .

Les teneurs en ADF des bols oesophagiens "ovins" sont supérieures de 100 à 150 g/kg MO à celles des collectes du berger et pour les bovins, on observe une inversion entre années des différences entre types de prélèvements, ce qui n'est pas le cas pour la cellulose brute.

Des commentaires du même ordre pourraient être faits à propos des teneurs en lignine (figure 10.12).

L'application de la méthode de Van Soest aux bols oesophagiens, particulièrement imbibés de salive en saison sèche et séchés à 80°C doit entraîner des erreurs importantes lors du dosage des constituants pariétaux (chapitre VI).

e) Solubilité pepsine-cellulase

La solubilité pepsine cellulase (SMO en p.100) des collectes du berger "ovins" est supérieure à celle des collectes du berger "bovins" (tableaux 10.13 et 10.14). Elle est respectivement de 45,2 et 42,0 p.100 à Doli en 1981-1982, de 57,5 et 49,0 p.100 à Vindou en 1982-1983, mais de 49 p.100 pour les deux espèces à Doli en 1982-1983. Les variations interannuelles et entre pâturages de la SMO des collectes du berger sont importantes. Par contre, les variations saisonnières sont plus faibles que celles de la digestibilité "in vivo" et de la SMO du tapis herbacé.

La SMO des bols oesophagiens des ovins augmente au cours de la saison sèche et atteint dès le mois de mars des valeurs comparables à celles mesurées en saison des pluies. Cette évolution est anormale et pourrait être attribuée comme pour les constituants pariétaux, aux modifications du fourrage entraînées par la technique de prélèvement et de séchage ; cependant, on ne fait pas la même constatation pour les contenus de rumen et les bols oesophagiens des bovins dont la SMO évolue d'une manière cohérente au cours des saisons. Les différences entre espèces à ce niveau et le problème posé par les bols oesophagiens recueillis sur les moutons pourront probablement être éclaircis par l'examen de la SMO de bols oesophagiens séparés en deux parties, l'une étant congelée et lyophilisée, l'autre directement séchée à l'étuve (programme en cours à Thyssé Kaymor).

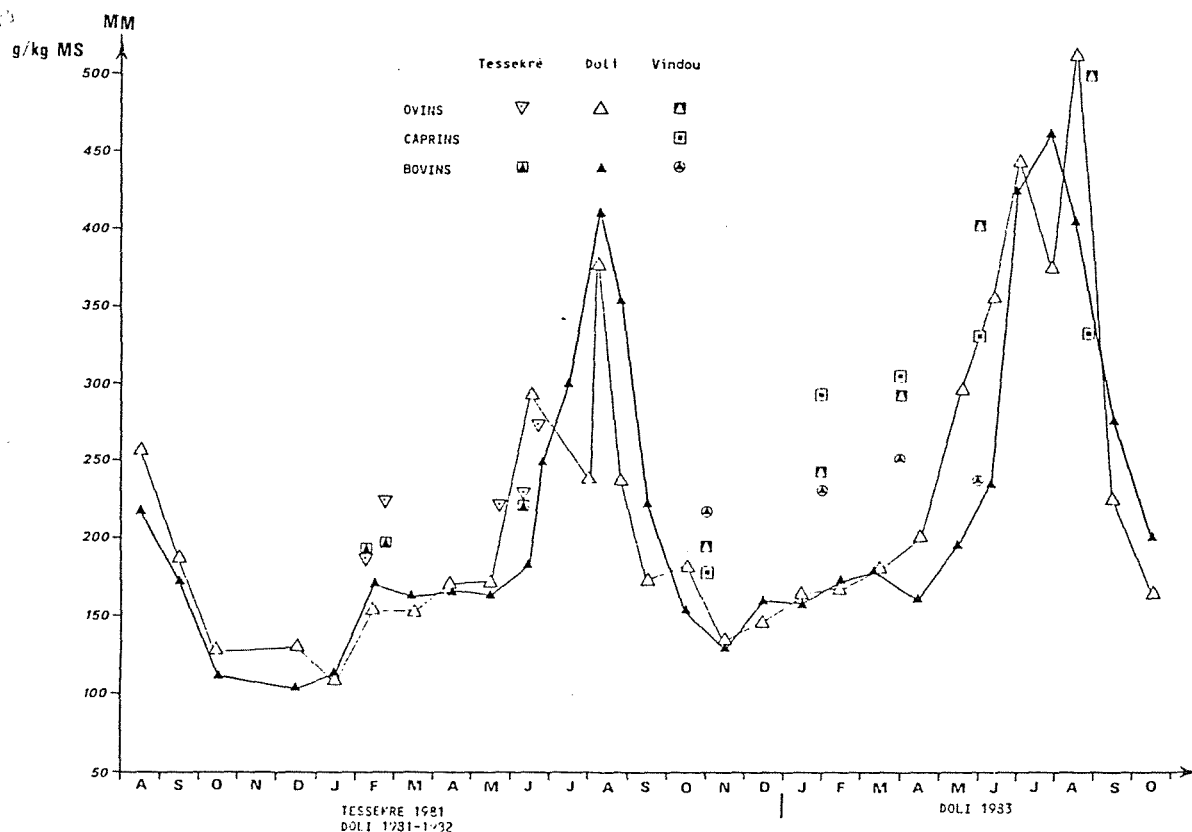


Figure 10.14 - Teneurs en cendres des fèces de ruminants exploitant les pâturages de Doli, Tessekré et Vindou Tiengoli

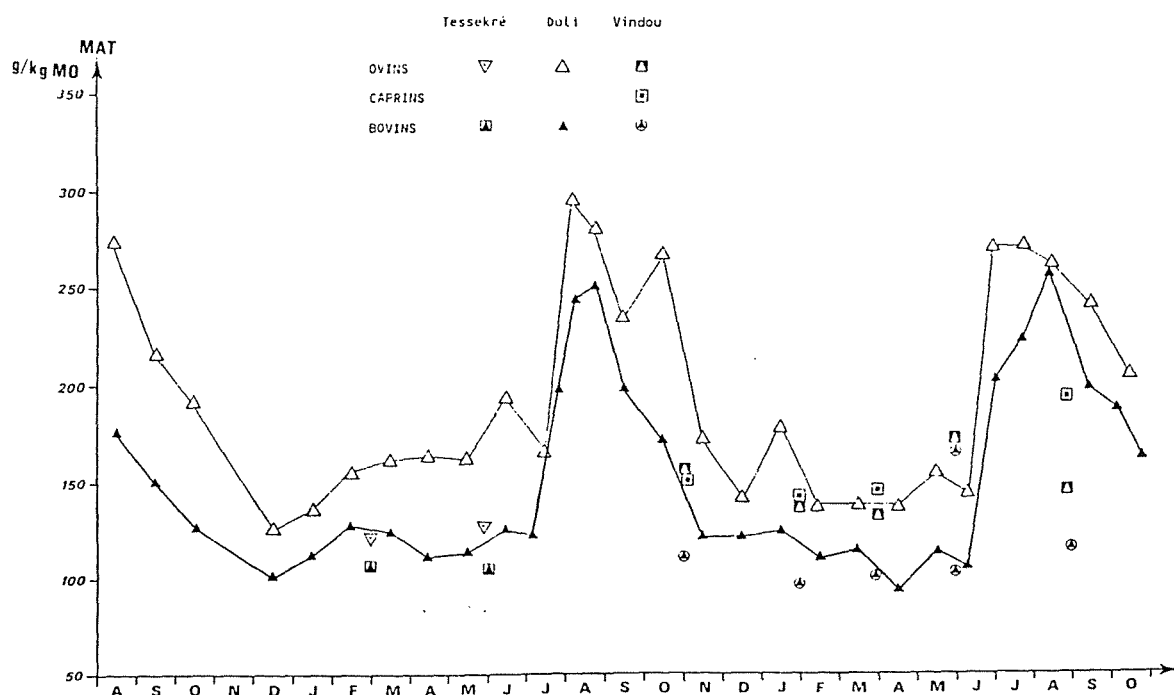


Figure 10.15 - Teneurs en matières azotées des fèces de ruminants exploitant les pâturages de Tessékré, Doli et Vindou Tiengoli de 1980 à 1983

X.2.2. - Composition chimique des fèces des ruminants au pâturage

La composition chimique des fèces des ruminants au pâturage (figures 10.14 à 10.18 et tableau 10.16) varie, comme celles des fourrages ingérés, en fonction de l'espèce animale, de la saison et du pâturage. Les variations observées en saison sèche sont plus fortes que pour les fourrages, notamment dans le cas des cendres et des constituants pariétaux. Les différences entre les compositions des fourrages ingérés en cage et au pâturage (§ X.2.1.), se répercutent sur la composition des fèces et sont plus importantes pour ces échantillons.

a) Cendres (figure 10.14)

Les teneurs en cendres des fèces des bovins et des ovins au pâturage sont proches entre elles et supérieures à celles des moutons alimentés en cages. Comme pour les échantillons représentant le régime, elles varient d'un pâturage à l'autre et au cours de la saison sèche, en sens inverse de la disponibilité en fourrages.

Au début de la saison des pluies, les fèces ont une teneur en cendres très élevée pouvant atteindre 450 g/kg MS, qui décroît ensuite très rapidement, du fait de la diminution de la quantité de terre ingérée, parallèlement au développement de la végétation et surtout de la diminution de la digestibilité de la matière organique.

b) Matières azotées (figure 10.15)

La teneur en MAT des fèces varie comme celle du régime ; elle est plus élevée pour les ovins que pour les bovins, y compris en saison des pluies. L'écart entre les MAT des fèces des animaux au pâturage et ceux qui sont en cage est très important (30 à 80 g/kg MO pour les moutons - 20 à 40g/kg MO pour les zébus), ce qui confirme les observations antérieures sur le comportement sélectif des animaux. Une partie des MAT des fèces correspond probablement à des MAT alimentaires indigestibles, celles des ligneux par exemple ; cette fraction pourra être approchée en dosant les MAT contenus dans l'ADF.

Tableau 10.16 - Principales caractéristiques des fèces des ovins en cage et des bovins, des ovins et des caprins au pâturage à Tessekré, Doli et Vindou Tiengoli en saison sèche (moyenne des mois)

	OVINS EN CAGES					BOVINS AU PATURAGE					OVINS AU PATURAGE					CAPRINS AU PATURAGE				
	MM (1)	MAT (2)	CB (2) (3)	ADF (2)	Li (2)	MM (1) (4)	MAT (2)	CB (2)	ADF (2)	Li (2)	MM (1)	MAT (2)	CB (2)	ADF (2)	Li (2)	MM (1) (4)	MAT (2)	CB (2)	ADF (2)	Li (2)
TESSEKRÉ 1981	108	92	350 ↘300	480 ↘435	138	220 ↘190	106	304	464	161	230 ↘190	125	360 ↘285	540	212	-	-	-	-	-
LI 1981-1982 \bar{x}	90	75	425 ↘325	590 ↘440	226 ↘120	170 ↘100	117	361	564	225	175 ↘110	151	448 ↘347	614	305	-	-	-	-	-
s	12	-	-	-	-	-	10	38	32	-	-	14	26	23	-	-	-	-	-	-
LI 1982-1983 \bar{x}	90	80	440 ↘300	605 ↘465	200 ↘150	180 ↘130	112	416	643	265	300 ↘130	150	440 ↘333	658	330	-	-	-	-	-
s	21	8	-	-	-	-	10	28	19	-	-	14	16	12	-	-	-	-	-	-
VINDOU TIENGOLI 1982-1983 \bar{x}	-	-	-	-	-	250 ↘200	104	312	439	114	290 ↘190	149	310 ↘220	550 ↘450	143	250 ↘220	151	380 ↘280	517 ↘477	288 ↘194
s	-	-	-	-	-	-	5	10	23	-	-	15	12	-	-	9	-	-	-	-

g/kg MS

g/kg MO

↘ : variation observée du début à la fin de la saison sèche

: à Vindou Tiengoli, les fèces ont été ramassées au sol et séchées à l'air libre, ce qui explique partiellement leurs teneurs en cendres plus élevées.

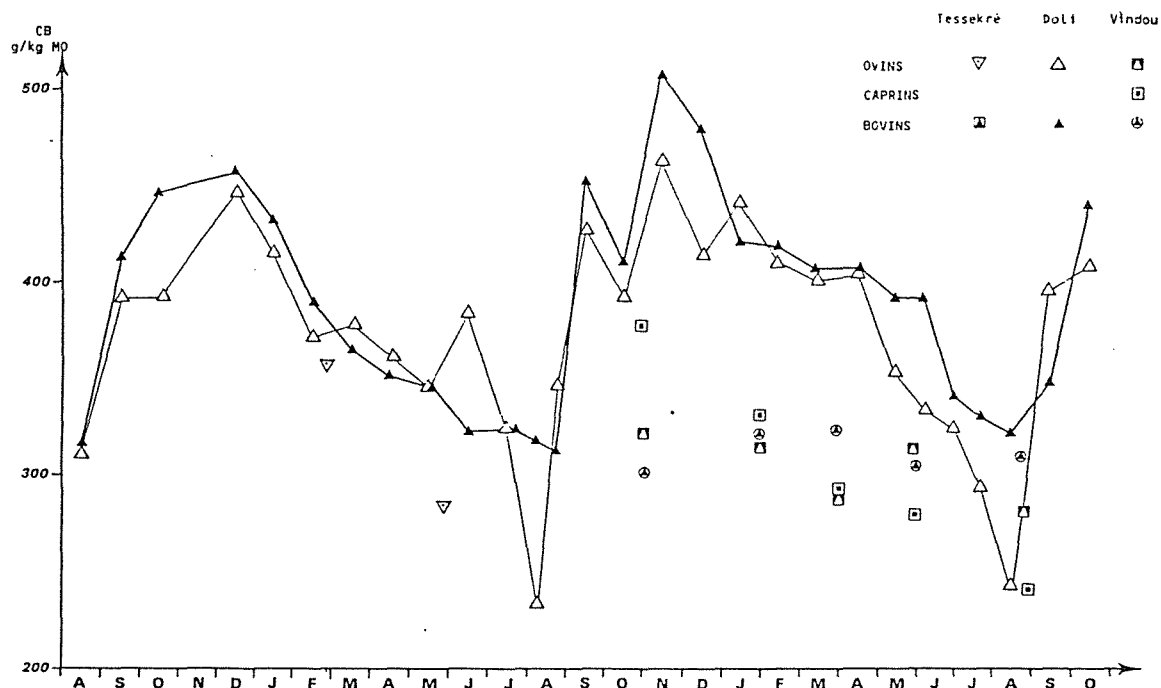


Figure 10.16 - Teneurs en cellulose brute des fèces de ruminants exploitant les pâturages de Tessékéré, Doli et Vindou Tiengoli de 1980 à 1983

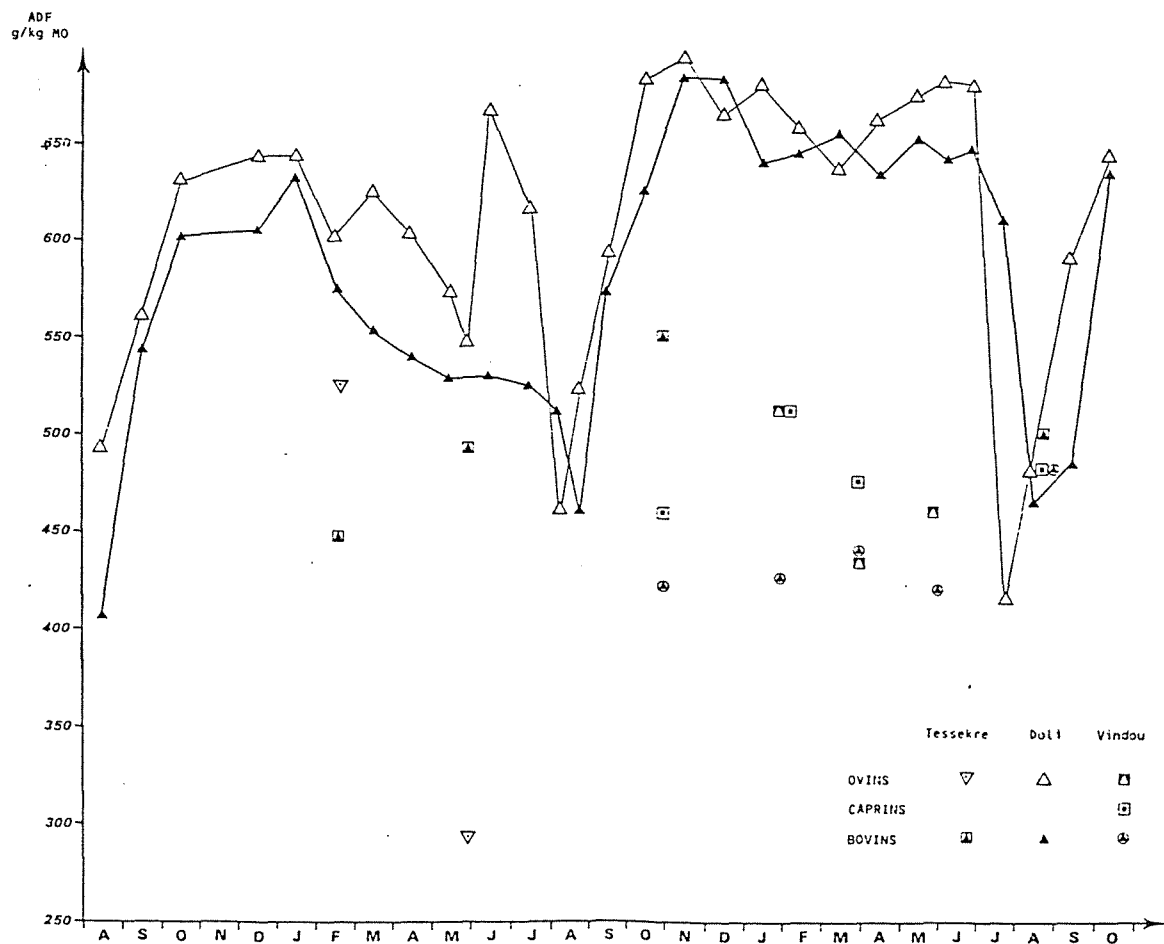


Figure 10.17 - Teneur en ADF des fèces de ruminants exploitant les pâturages de Tessékéré, Doli et Vindou Tiengoli de 1980 à 1983

c) Cellulose brute (figure 10.16)

La teneur en CB des fèces, maximale en début de saison sèche, diminue rapidement à partir de décembre. Elle est proche pour les deux espèces de ruminants en cage ou au pâturage mais varie différemment de la teneur en CB des fourrages ingérés. L'analyse plus détaillée des résultats faisant intervenir l'estimation de la digestibilité de la matière organique (cf ci-dessous § 10.2.3.) devrait permettre de mettre en évidence les facteurs saisonniers et botaniques (déjà évoqués au chapitre IX) de variation de la digestibilité de CB. Nous ne l'avons pas entreprise.

D'ores et déjà, la diminution au cours de la saison sèche de la part des dicotylédones dans le régime, quoique pas toujours clairement démontrée (chapitre VIII) et l'augmentation de celle des graminées, dont la cellulose brute est beaucoup plus digestible, pourraient expliquer que la teneur en CB (indigestible) des fèces soit moins élevée en fin de saison sèche.

d) ADF et lignine (figures 10.17 et 10.18)

Les teneurs en ADF des fèces varient en fonction des saisons comme les teneurs en CB ; on note cependant certaines différences entre les deux critères :

- les écarts entre groupes d'animaux sont plus grands que pour CB.
- en saison sèche 1982-1983, les teneurs en CB des fèces diminuent rapidement alors que ce n'est pas le cas pour l'ADF.

- l'évolution différente des teneurs en ADF des fèces pour les deux années d'observation à Doli peut être mise en relation avec la composition des régimes : en 1981-1982 la part des graminées dans le régime des zébus est passée de 44 à 64 p.100 entre le début et la fin de la saison sèche ; les pourcentages relatifs aux moutons ont été respectivement de 10 et 37 p.100. L'année suivante les taux ont été à la fois plus faibles et plus stables.

L'évolution des teneurs en constituants pariétaux des régimes et des fèces est donc avant tout fonction de la composition botanique du régime ; l'interprétation des résultats d'analyse doit donc reposer sur une connaissance suffisamment précise des espèces consommées.

Les teneurs en lignine des fèces varient comme celles en ADF. Nous ne nous sommes pas attardés sur ce critère pariétal en raison de la variabilité de sa digestibilité, théoriquement nulle, mesurée lors des essais de digestibilité *in vivo* (digestibilité moyenne : -8 p.100 ; écart-type : 23 ; n = 45).

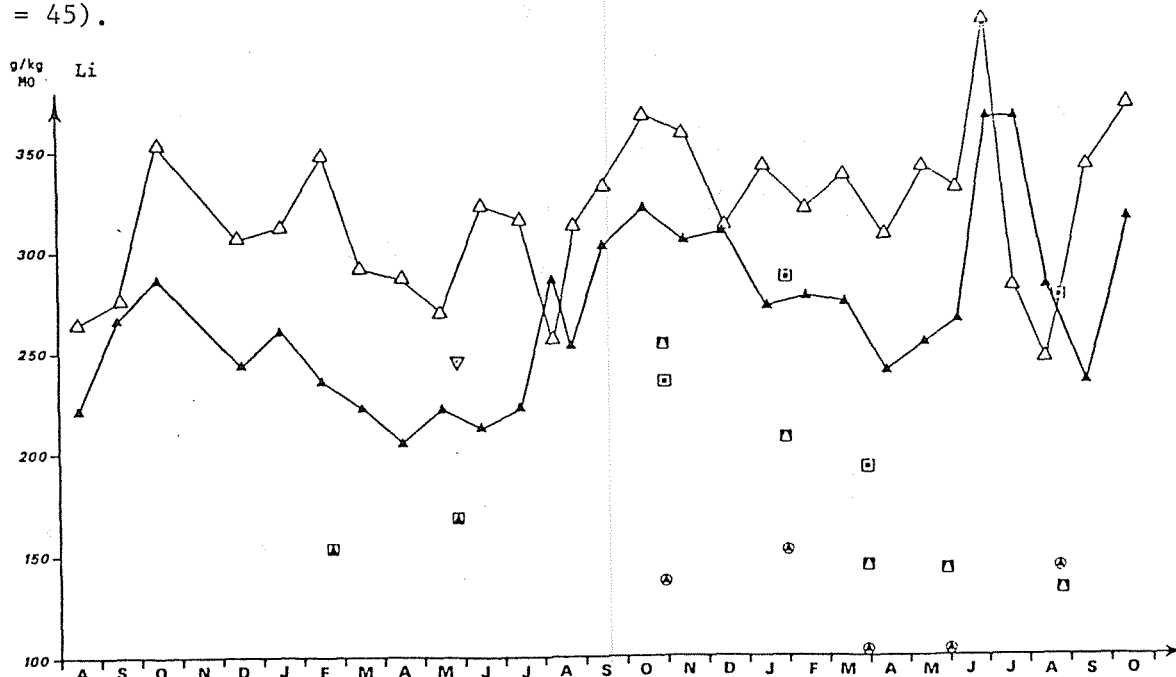


Figure 10.18 - Teneur en lignine des fèces de ruminants exploitant les pâturages de Tessekéré, Doli et Vindou Tiengoli de 1980 à 1983

Tableau 10.17 - Estimations maximales en saison des pluies et minimales en saison sèche de la dMO du régime suivant l'espèce animale, le pâturage et la méthode utilisée

	Constituants pariétaux						Solubilité pepsine-cellulase				MAT des fèces	
	Collecte du berger		Contenus de rumen(1) Bols oesophagiens(2)		Fèces		Collecte du berger		Contenus de rumen(1) Bols oesophagiens(2)		MAT des fèces	
	Ovins	Bovins	Ovins (2)	Bovins (2)	Ovins	Bovins	Ovins	Bovins	Ovins (2)	Bovins (2)	Ovins	Bovins
Tessekré 80-81	- . 50	59 . 51	- . -	- . 49 (1)	- . 49	- . 49	- . -	- . -	- . -	- . 53 (1)	- . 55	- . 52
Doli 81-82	71 . 47	67 . 45	54 . 43	53 . 42 (1)	63 . 49	70 . 50	70 . 48	70 . 45	- . 56	62 . 41 (1)	80 . 55	64 . 51
Doli 82-83	67 . 50	68 . 50	64 . 43	68 . 40 (2)	67 . 45	66 . 44	64 . 53	64 . 55	68 . 54	73 . 52 (2)	83 . 58	76 . 50
Doli 83	76 . -	72 . -	79 . -	70 . - (2)	87 . -	70 . -	- . -	63 . -	68 . -	65 . - (2)	79 . -	77 . -
Vindou 82-83	- . 66	- . 60	- . -	- . -	- . 51	- . 51	- . 62	- . 52	- . -	- . -	- . 57	- . 51

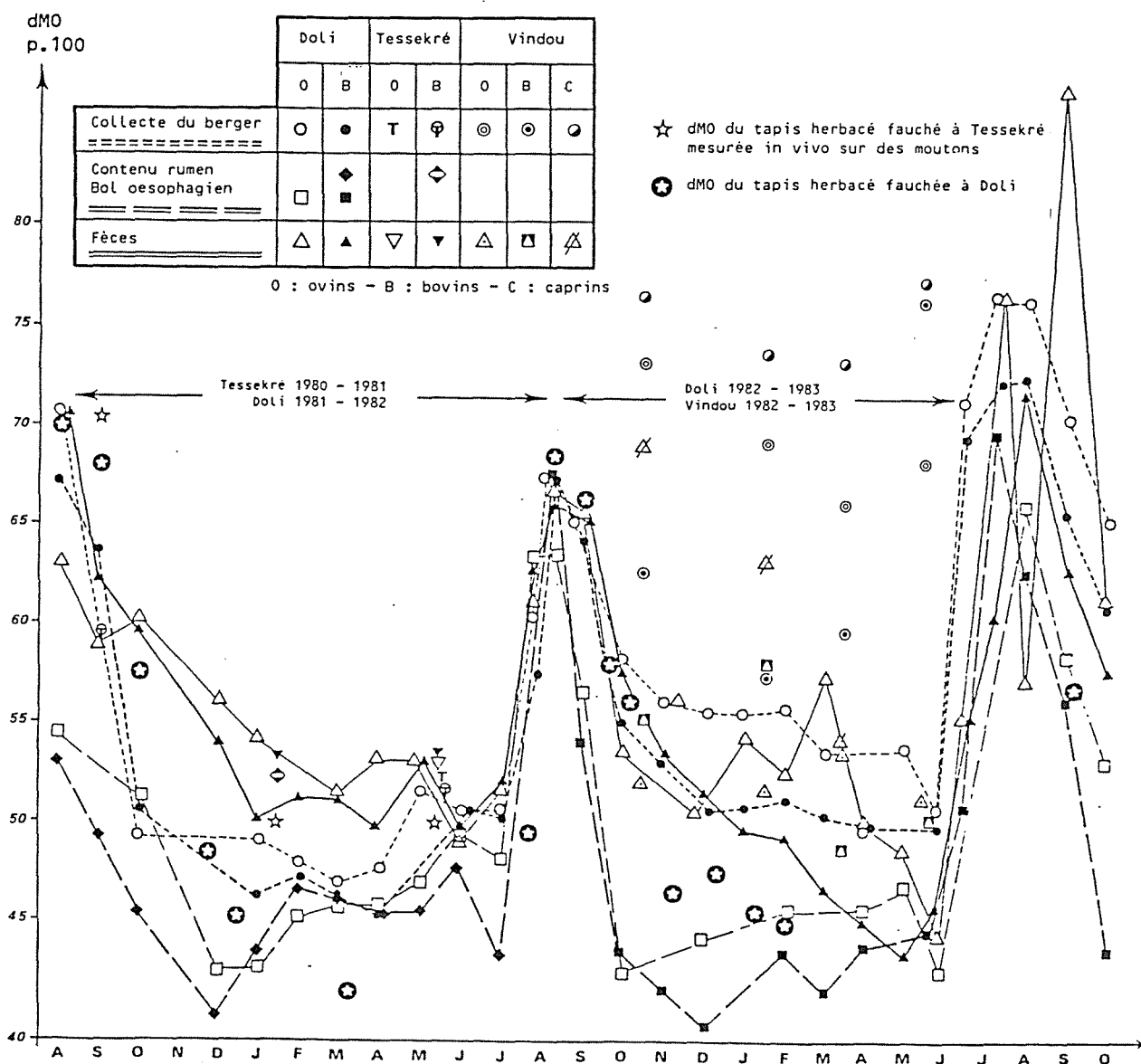


Figure 10.19 a-Estimations de la digestibilité (dMO) des fourrages ingérés par les ruminants au pâturage en fonction des teneurs en constituants pariétaux des collectes du berger, des contenus de rumen ou des bols oesophagiens et des fèces

X.2.3. - Estimation de la digestibilité des fourrages ingérés au pâturage en fonction des critères analytiques du régime et/ou des fèces.

La description des divers prélèvements (§ X.2.1 et X.2.2) représentant le régime des animaux au pâturage exprime les variations des choix alimentaires des animaux en fonction de l'espèce animale, du pâturage et de la période, ainsi que l'évolution saisonnière de la composition des fourrages disponibles. Cette description n'est que la première étape de l'étude de la valeur des rations ingérées au pâturage. La deuxième étape consiste à estimer leur digestibilité.

Nous disposons pour cela des critères analytiques évoqués ci-dessus et des équations de prévision établies à partir des résultats d'essai de digestibilité "in vivo" (tableau 9.13 - p.127).

Cinquante sept équations sont proposées. Compte tenu de la diversité des fourrages ingérés, nous n'avons retenu que celles ($n = 19$) qui ne sont pas spécifiques d'une famille botanique particulière, c'est à dire celles établies à partir de l'ensemble des résultats d'essais de digestibilité "in vivo" (45 essais). Les calculs ont été appliqués aux collectes du berger, aux bols oesophagiens ou aux contenus de rumen "corrigés" et/ou aux fèces. Les résultats les plus caractéristiques faisant appel à une seule catégorie de critères (parois, MAT ou SMO d'un seul type d'échantillon) sont représentés graphiquement (figures 10.19 à 10.21). Les estimations maximales de dMO en saison des pluies et minimales en saison sèche sont reportées au tableau 10.17.

a) dMO en fonction des teneurs en constituants pariétaux des échantillons récoltés au pâturage (figures 10.19a à 10.19d)

L'équation appliquée aux collectes du berger, aux bols oesophagiens ou aux contenus de rumen corrigés est :

$$\begin{aligned} \text{dMO} &= -0,108 \text{ ADF} + 105,9 \pm 4,2 & r &= 0,814 \\ \text{celle appliquée aux fèces est :} & & & \\ \text{dMO} &= 0,0729 \text{ CB} - 0,160 \text{ ADF} + 0,138 \text{ Li} + 82,3 \pm 4,4 & r &= 0,804 \\ \text{avec dMO en p.100} & & & \\ \text{CB, ADF, Li en g/kg MO} & & & \end{aligned}$$

La figure 10.19a présente l'ensemble des résultats obtenus par ces équations et, à titre de comparaison, la digestibilité moyenne du tapis herbacé mesurée "in vivo".

En plus des variations saisonnières de dMO, la principale caractéristique de cette figure est la dispersion des points pour un pâturage et une espèce animale donnée.

Afin de faciliter les comparaisons entre espèces animales et entre types de prélèvements, nous avons éclaté la figure 10.19a en sélectionnant les points dont nous voulions discuter la répartition :

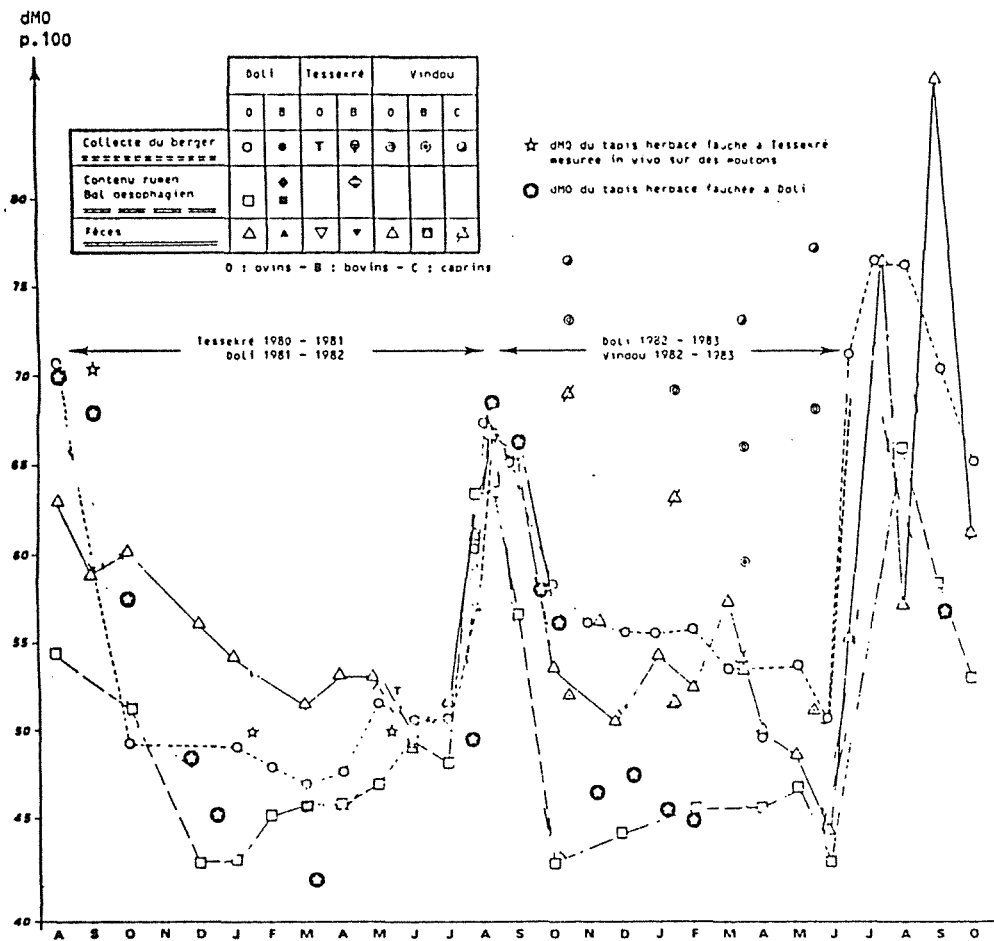


Figure 10.19b - Estimations de la digestibilité (dMO) des fourrages ingérés par les ovins et caprins au pâturage en fonction des teneurs en constituants pariétaux des collectes du berger, des bols oesophagiens et des fèces

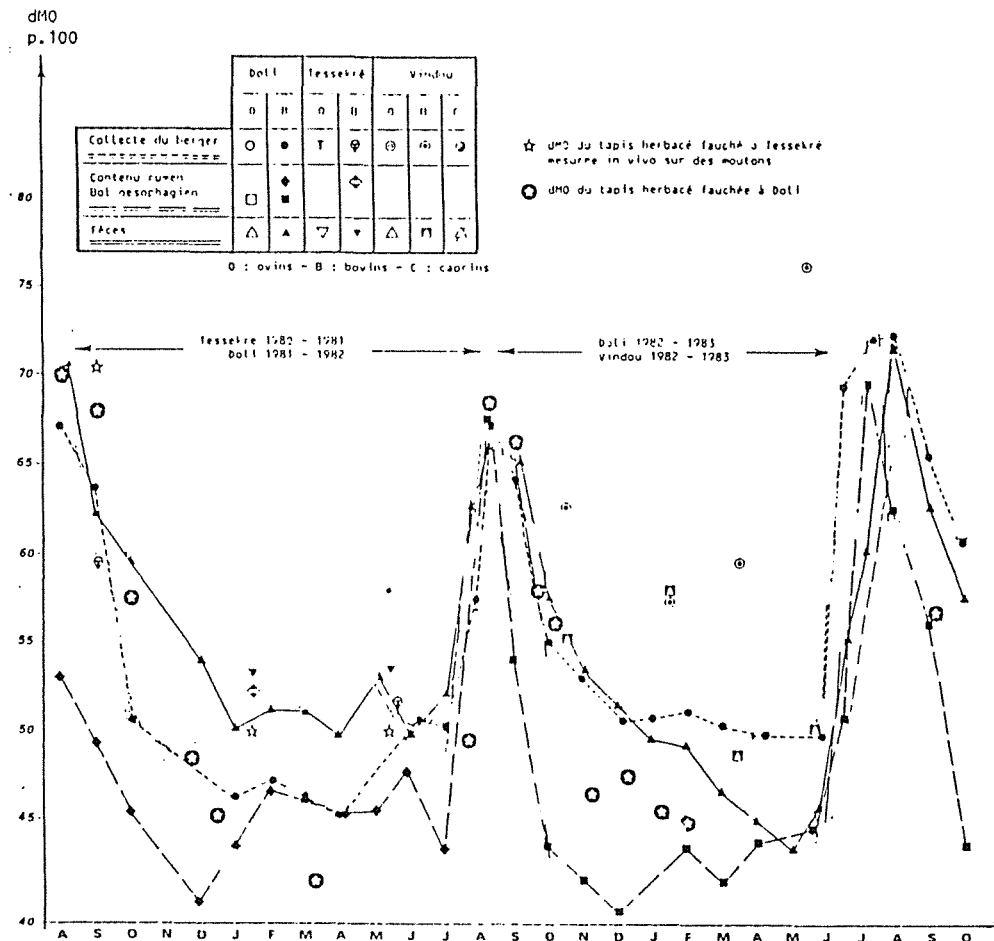


Figure 10.19c - Estimations de la digestibilité (dMO) des fourrages ingérés par les bovins au pâturage en fonction des teneurs en constituants pariétaux des collectes du berger, des contenus de rumen ou des bols oesophagiens et des fèces

. figure 10.19b : résultats relatifs aux petits ruminants

REMARQUE : Dans la suite du texte, le mode d'estimation de dMO sera décrit de la manière suivante ; exemple :

dMO (fèces, parois) où fèces et parois indiquent respectivement que l'estimateur est un critère analytique des fèces et que ce critère analytique est la (ou les) teneurs en un ou plusieurs constituants pariétaux. dMO (parois) indique que l'estimateur est un critère pariétal soit des collectes du berger soit des fèces.

La dMO (coll. berger, parois) est en saison des pluies proche de la dMO (tapis herbacé, vivo). En première saison sèche à Doli (1981-1982), elle est supérieure de 5 points à la dMO (vivo) et en deuxième année de 10 points environ. Pour les deux années, on observe un fléchissement au cours de la saison sèche (5 points en deuxième année). La dMO (coll. berger, parois) atteint des valeurs très élevées très probablement surestimées (comprises entre 60 et 80 p.100) à Vindou ; il est à noter que sur ce pâturage le régime des petits ruminants est en grande partie composé de fourrages ligneux dont les teneurs en lignine exprimées en p.100 de MS ou de ADF sont élevées ; or, les équations de prévision de la dMO, qui ne tiennent pas compte de ce critère, ont été mises au point pour des fourrages herbacés et ne semblent donc pas adaptées à ce type de rations.

La dMO (bols oesophagiens, parois) est en première saison des pluies (81-82) très inférieure (de 15 points) à la dMO (collecte du berger, parois) ou à la dMO (tapis herbacé, vivo) ; en deuxième année, la différence n'est que de 5 points, mais elle est à nouveau de 10 points en troisième année. La dMO (bol oesophagien, parois) est minimale en début de saison sèche (elle est alors inférieure à la dMO (tapis herbacé, vivo) et on observe ensuite une remontée progressive de 5 points environ au cours de la saison sèche, remontée qui ne correspond ni à l'évolution du tapis herbacé, ni à celle de la collecte du berger. Ces résultats issus de l'analyse des bols oesophagiens sont d'une interprétation délicate et mettent, une fois encore (cf § X.2.2), en question l'utilisation de ce type de prélèvements.

La dMO (fèces, parois) est en première saison des pluies intermédiaire entre la dMO (collecte du berger, parois) et la dMO (bols oesophagiens, parois) ; en deuxième saison des pluies la dMO (fèces, parois) est proche de la dMO (tapis herbacé, vivo). L'évolution de la dMO (fèces, parois) en saison sèche est parallèle à celle de la dMO (collecte berger, parois), mais avec des écarts par rapport à cette dernière, de l'ordre de 5 points en plus la première année à Doli (1981-1982) ou en moins la deuxième année. Ces écarts sont beaucoup plus importants à Vindou (de l'ordre de 15 points) mais rappelons que pour cette station, la digestibilité des régimes riches en fourrages ligneux, semble ne pas pouvoir être estimée, même avec une faible précision, avec les équations proposées.

. figure 10.19c - résultats relatifs aux bovins

Les mêmes remarques que pour les petits ruminants peuvent être formulées (figure 10.19b) ; cependant, en saison des pluies et en début de saison sèche, les écarts entre la dMO (tapis herbacé, vivo) et la dMO (collecte du berger, parois) d'une part et la dMO (fèces, parois) d'autre part, sont plus faibles que pour les petits ruminants.

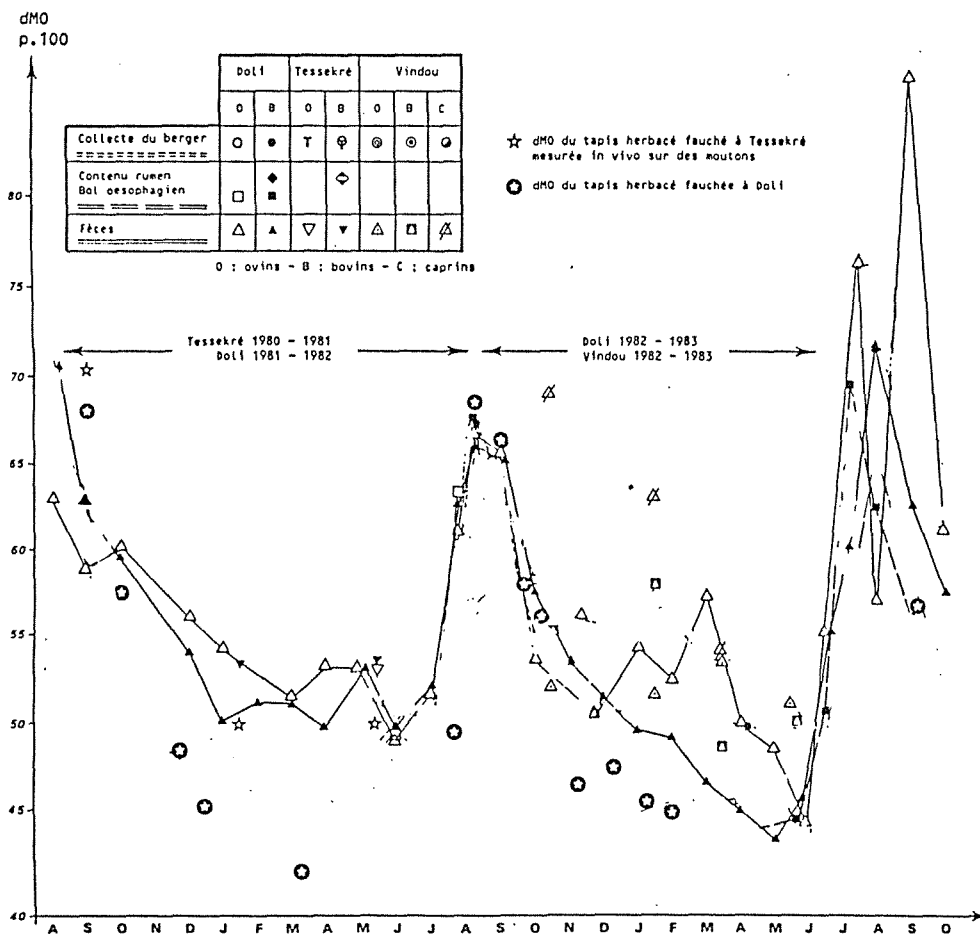


Figure 10.19 - Estimations de la digestibilité (dMO) des fourrages ingérés par les ruminants au pâturage en fonction des teneurs en constituants pariétaux des fèces

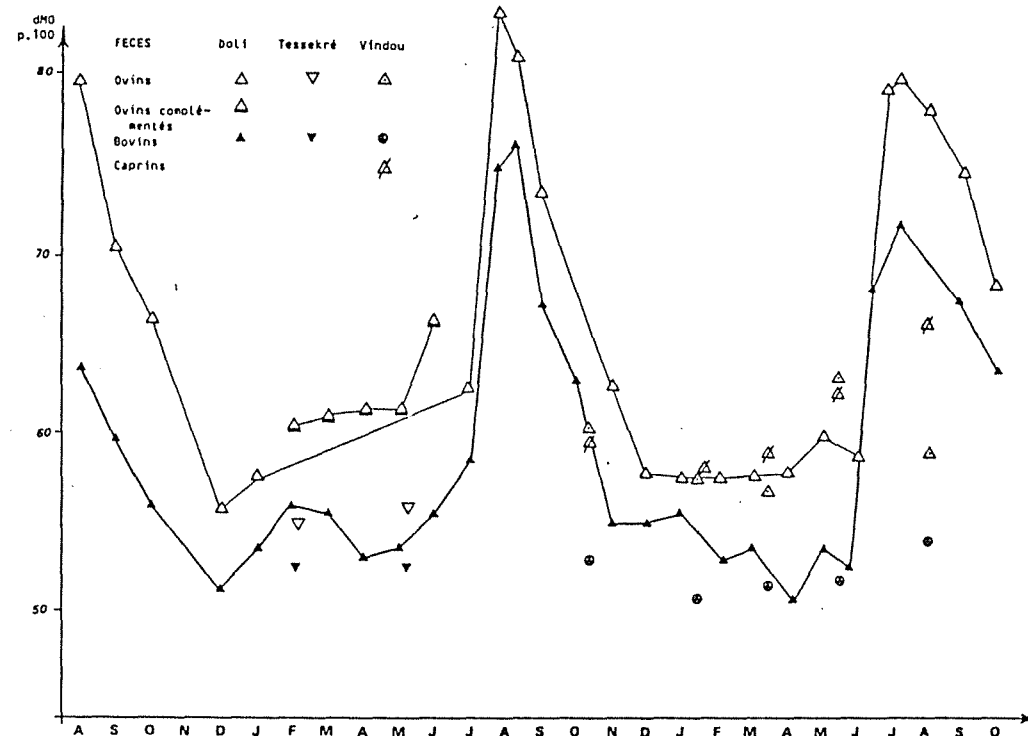


Figure 10.20 - Estimations de la digestibilité (dMO) des fourrages ingérés par les ruminants au pâturage en fonction de la teneur en MAT (g/kg MO) de leurs fèces

. figure 10.19d - comparaison entre les petits ruminants et les bovins

La dMO (fèces, parois) traduit l'évolution saisonnière la plus logique de la dMO :

- elle est peu différente de la dMO (tapis herbacé, vivo) en saison des pluies, ce qui traduit une sélection moins intense à la période où les fourrages sont de meilleure qualité.

- elle décroît progressivement au cours de la saison sèche en restant cependant supérieure à la dMO (vivo, tapis herbacé), ce qui correspond à une diminution des réserves fourragères et aux possibilités de choix.

Nous avons donc retenu la dMO (fèces, parois) pour comparer les bovins aux petits ruminants.

A l'exception du début de la première saison des pluies à Doli (1981-1982) durant laquelle la dMO (fèces, parois) est anormalement (?) faible pour les ovins, elle est proche pour les ovins et les bovins en saison pluvieuse. En saison sèche, à partir de décembre, on observe une supériorité assez régulière (de 2 à 5 points) de la dMO (fèces, parois, ovins) par rapport à la même estimation pour les bovins, cependant les minima observés en fin de saison sèche pour les deux espèces sont très proches.

Les différences entre les dMO (fèces, parois) des bovins et des ovins sont du même ordre que celles observées pour les dMO (collectes du berger, parois).

b) dMO en fonction des teneurs en MAT des fèces des animaux au pâturage (figure 10.20)

L'équation appliquée aux teneurs en MAT des fèces est :

$$dMO = 0,166 \text{ MAT} + 34,5 \pm 3,9 \quad r = 0,846$$

avec dMO en p.100
MAT en g/kg MO

En saison des pluies, la dMO (fèces, MAT) est en général supérieure à la dMO (fèces, parois) (figure 10.19d) : les écarts peuvent atteindre 15 à 17 points pour les ovins, 10 points pour les bovins. Les maxima, de l'ordre de 80 p.100 pour les ovins, sont supérieurs de 10 points à ceux mesurés lors des essais de digestibilité in vivo : il faut noter que les essais de digestibilité in vivo en tout début de saison des pluies sont rares du fait de leur réalisation difficile (conditions climatiques défavorables, évolution très rapide du fourrage).

En saison sèche, la dMO (fèces, MAT) est pour les ovins supérieure ou égale à 55 p.100 et pour les bovins à 50 p.100, alors que la dMO (fèces, parois) est en général inférieure à ces limites. L'utilisation de MAT comme index fécal entraîne donc, par rapport aux constituants pariétaux, une surestimation de la dMO.

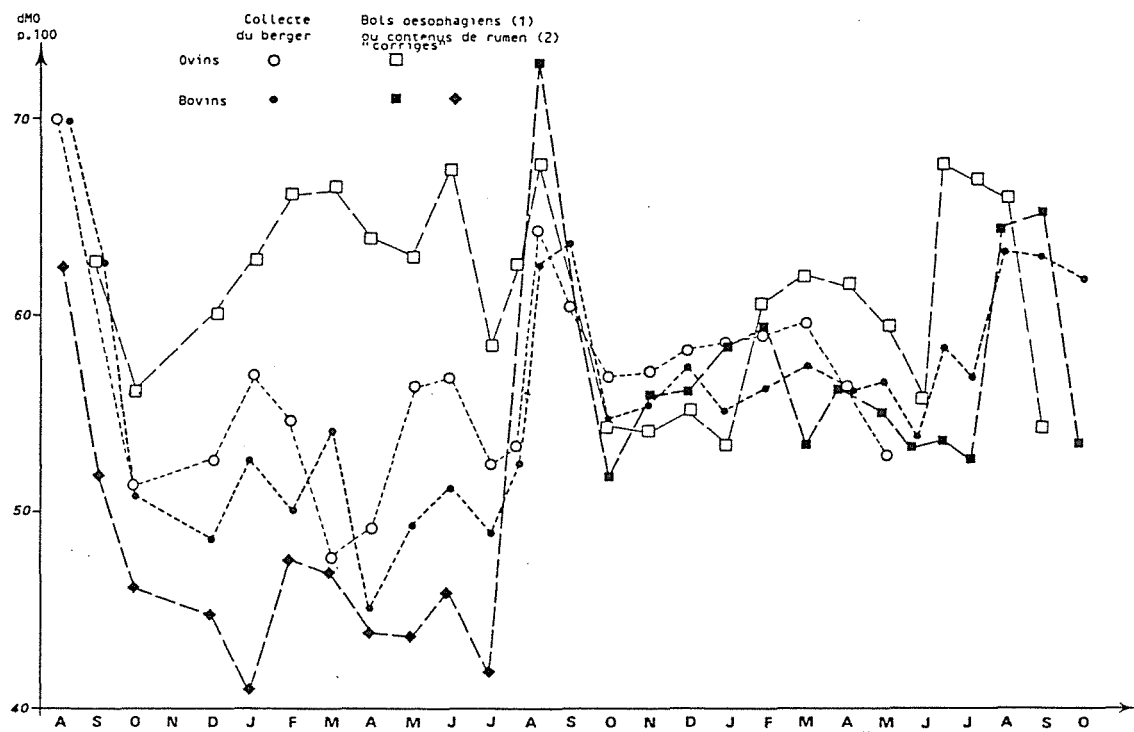


Figure 10.21 - Estimations de la digestibilité (dMO) des fourrages ingérés en fonction de la solubilité pepsine-cellulase (SMO) des collectes du berger et des bols oesophagiens "corrigés" prélevés à Doli de 1981 à 1983

La différence s'accroît en fin de saison sèche car, à cette période on n'observe pas pour la dMO (fèces, MAT) de diminution aussi nette que pour la dMO (fèces, parois). La diminution de la dMO (fèces, MAT) n'est en fait enregistrée que pour les bovins en deuxième saison sèche (Doli 1981-1982): 2 à 3 points contre 5 points pour la dMO (fèces, parois). Pour les ovins durant la même période, la dMO (fèces, MAT) est stable. Pour l'ensemble des espèces et les autres pâturages (Doli 1981-1982 - Tessekré, Vindou), la tendance générale est une augmentation de la dMO (fèces, MAT) qui ne correspond très certainement pas à une réelle augmentation de la digestibilité.

L'écart entre la dMO (fèces ovins, MAT) et la dMO (fèces bovins, MAT) qui atteint ou dépasse (particulièrement en saison des pluies) souvent 5 points est supérieur à celui observé pour les dMO (fèces, parois). Cette différence est probablement liée à l'ingestion plus importante par les ovins de fourrages riches en MAND. Cette explication est applicable également au classement des dMO (fèces, MAT) à Vindou : dMO (caprins), supérieure à dMO (ovins), elles-mêmes supérieures à dMO (bovins) (figure 10.20).

On note également un effet de la complémentation (Tessekré, Doli 1981-1982) par du tourteau d'arachide (5 à 10 p.100 de la ration ingérée) sur la dMO (MAT, fèces) qui s'accroît de 2 points environ par rapport à celle estimée à partir des fèces d'animaux ne consommant que des fourrages naturels.

c) dMO en fonction de la solubilité pepsine-cellulase (SMO) des échantillons de fourrages ou de contenus digestifs récoltés au pâturage (figure 10.21)

L'équation appliquée aux collectes du berger, aux bols oesophagiens ou aux contenus de rumen corrigés est :

$$dMO = 0,875 SMO + 11 \pm 5,1$$

$$r = 0,845$$

Cette équation n'a été établie qu'à partir de 18 essais.

En première saison des pluies, la dMO (collecte du berger, SMO) est proche de la dMO estimée par les autres méthodes et diminue au début de la saison sèche jusqu'à des valeurs proches de 50 p.100, supérieures de 2 à 5 points pour les ovins à celles calculées pour les bovins. L'amplitude des variations entre les mois, parfois de l'ordre de 5 points, est supérieure à celle observée avec les autres méthodes.

En deuxième saison des pluies, la dMO (collecte du berger, SMO) est de l'ordre de 60 p.100 et est inférieure aux autres estimations. Inversement, la diminution en saison sèche est moins forte que l'année précédente : elle baisse jusqu'à 56 p.100 pour les ovins, 53 p.100 pour les bovins.

Les valeurs de la dMO (bols oesophagiens ovins, SMO) sont inférieures aux autres estimations en saison des pluies, mais nettement supérieures en saison sèche, en particulier en première année (1981-1982) à Doli, ce qui est incohérent. Ces résultats remettent en question la qualité des estimations de dMO pouvant être obtenues à partir de bols oesophagiens tels que nous les avons prélevés.

Pour les bovins, les variations saisonnières de dMO (contenus de rumen ou bols oesophagiens, SMO) sont plus conformes aux autres résultats, mais les valeurs calculées en première année (contenus de rumen : Doli 81-82) sont très faibles. Les variations de dMO (bols oesophagiens, SMO) au cours de la saison sèche de deuxième année (Doli 1982-1983) ne reflètent pas celles observées avec les autres méthodes.

Conclusion de X.2.3 :

La digestibilité du fourrage fauché mesurée "in vivo" sur moutons est de 67-70 p.100 en début de saison des pluies et de 46-50 p.100 pour les pailles de saison sèche (rappel du tableau 9.4).

La dMO du régime des animaux au pâturage a été estimée à partir de certaines caractéristiques des collectes du berger, des contenus de rumen ou des bols oesophagiens et des fèces prélevés au niveau des animaux au pâturage.

Nous résumons ci-dessous les avantages et inconvénients de chacun de ces types de prélèvements :

- la dMO des collectes du berger, calculée à partir des teneurs en constituants pariétaux, est en général proche de celle du tapis herbacé en début de saison des pluies ; toutes deux décroissent parallèlement en saison sèche mais la dMO (collecte du berger, ovins) est supérieure de 5 à 10 points à la dMO (tapis herbacé, vivo) et les valeurs calculées pour les ovins, sont supérieures de 2 à 5 points à celles relatives aux bovins. La dMO (collecte du berger) calculée à partir de SMO est l'objet des mêmes variations et des mêmes différences cependant les écarts avec le tapis herbacé, entre espèces animales et entre mois sont à la fois plus importantes et plus difficiles à interpréter.

- la dMO des bols oesophagiens et des contenus de rumen estimée en fonction des teneurs en constituants pariétaux ou en fonction de SMO est souvent inférieure à la dMO (tapis herbacé, vivo). Les résultats concernant les ovins à Doli en 1981-1982 font exception, mais dans ce cas les valeurs sont anormalement élevées...?

On observe également un accroissement inexpliqué tout au long de la saison sèche de la dMO (bols oesophagiens ou contenus de rumen). Ces diverses observations conduisent à ne pas retenir les valeurs de dMO (bols oesophagiens ou contenus de rumen) en l'état actuel du mode de prélèvement et de conditionnement des contenus digestifs et de l'interprétation des résultats.

- enfin, la dMO du régime estimée à partir de la teneur en constituants pariétaux des fèces, qui varie comme la dMO (collecte du berger, constituants pariétaux), est supérieure à la dMO (tapis herbacé, vivo) et inférieure à la dMO (fèces, MAT). Ce dernier critère semble conduire à une surestimation, en particulier en saison des pluies pour les ovins et en fin de saison sèche lorsque les teneurs en MAND de la ration augmentent.

Finalement, les méthodes d'estimation de la dMO du régime des animaux au pâturage donnant les résultats les plus cohérents, compte tenu de la digestibilité du tapis herbacé, des disponibilités fourragères et des préférences alimentaires des animaux (aspects botaniques et chimiques) sont celles faisant appel aux constituants pariétaux des collectes du berger et des fèces. Cependant, elles ne semblent pas pouvoir être utilisées avec les modèles de prévision actuellement disponibles lorsque le régime est riche en fourrages ligneux (cas de Vindou Tiengoli). La teneur en MAT des fèces est souvent considérée dans la littérature comme un estimateur performant de la dMO ; nous l'avons retenu à titre de comparaison, mais il constitue à nos yeux un estimateur par excès de la digestibilité.

Ces trois modes d'estimation donnent en saison sèche des valeurs supérieures à la dMO (tapis herbacé, vivo) et les écarts entre les trois méthodes atteignent ou dépassent souvent 5 points de digestibilité, ce qui donne un aperçu de l'imprécision qui caractérise l'estimation de la dMO. Par ailleurs, il faut souligner que les modèles de prévision ont été établis à partir de résultats d'essais sur ovins ne recevant que des fourrages herbacés. Leur application à des bovins et/ou surtout à des régimes riches en fourrages ligneux nécessiterait probablement des corrections que nous ne sommes pas en mesure de proposer actuellement.

Notre but étant surtout d'analyser les variations de la valeur alimentaire du régime des animaux au pâturage, nous les avons donc utilisés tels quels.

Notons d'ailleurs qu'à Doli, les animaux consommaient peu de fourrages ligneux (cf chap. VIII) ; ce facteur d'imprécision pouvait donc y être considéré comme modeste. Ce n'était pas le cas à Vindou Tiengoli.

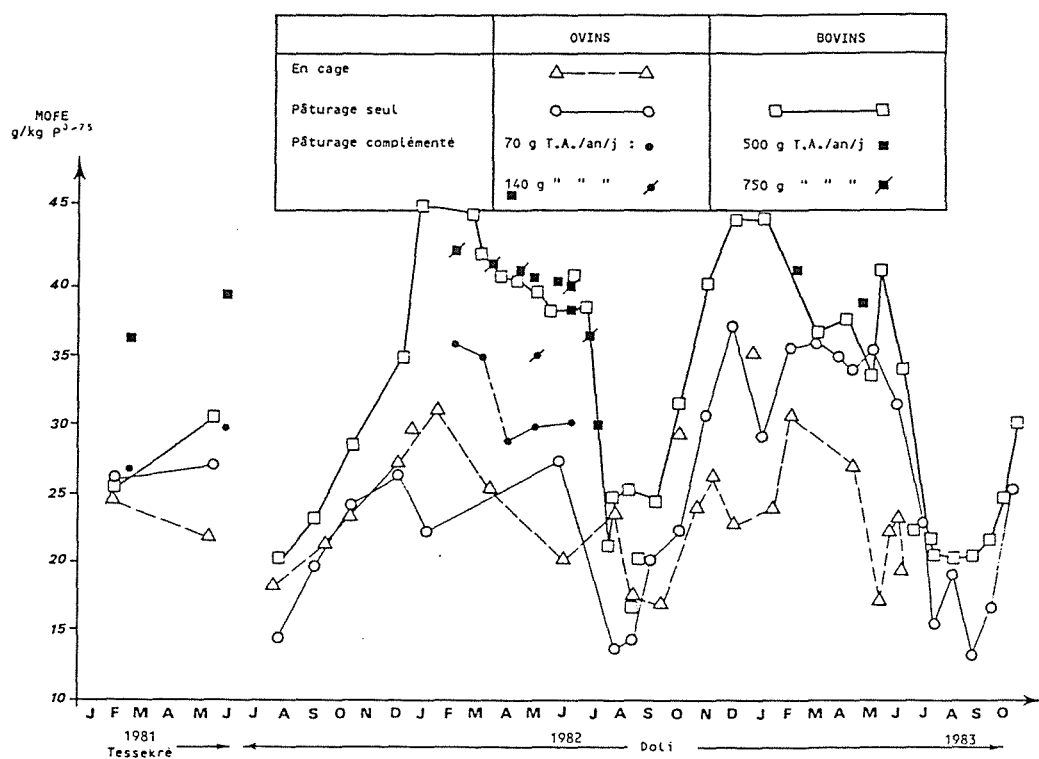


Figure 10.22 - Matière organique fécale excrétée (MOFE en g/kg $P^{0.75}$) par les ovins en cage et au pâturage et par les bovins au pâturage à Tessekéré et Doli de 1980 à 1983

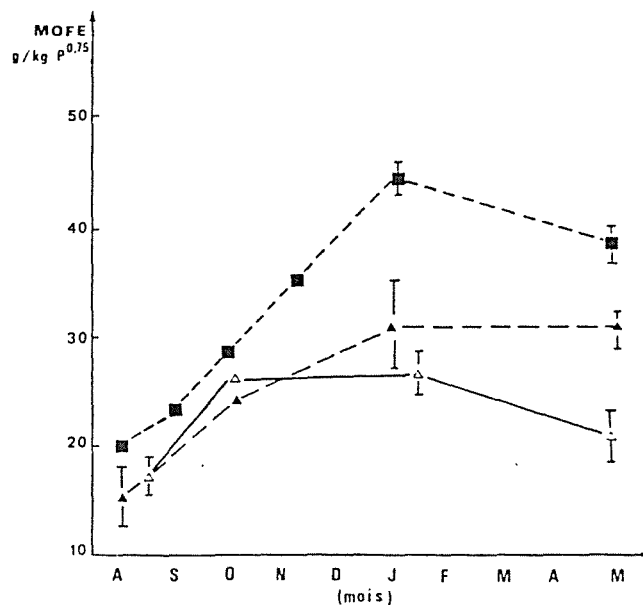


Figure 10.22 bis - Moyennes saisonnières des quantités de matière organique fécale excrétée (MOFE) par des ovins en cage (△), des ovins (▲) et des bovins (■) au pâturage à Doli

X.2.4. - Quantité de matière organique fécale excrétée (MOFE)

L'estimation des quantités ingérées fait appel à celles de la digestibilité et de l'excrétion fécale.

Les résultats des mesures de MOFE sont récapitulés au niveau des figures 10.22 (ensemble des essais) et 10.22 bis (moyennes saisonnières et, s'il y a lieu, intervalles de confiance). Ils permettent de comparer, sur trois types de pâturages différents (Tessekré - Doli 81-82 - Doli 82-83), l'excrétion fécale :

- de moutons alimentés en cage avec les fourrages naturels herbacés fauchés.
- de moutons se nourrissant librement au pâturage et recevant ou non une complémentation
- de bovins alimentés dans les mêmes conditions que les moutons au pâturage.

On observe pour les trois groupes d'animaux une augmentation de l'excrétion fécale, corrélative à la diminution de la digestibilité, pendant la saison des pluies et le début de la saison sèche. L'évolution pendant la deuxième partie de la saison sèche dépend de l'espèce animale et de son mode d'alimentation. L'excrétion fécale des moutons au pâturage a été supérieure à celle de moutons en cage à Tessekré en 1981 et à Doli en 1983. Toutes les mesures au pâturage de 1982, sauf une, ont été faites sur des moutons complémentés (●) ; il n'est donc pas possible d'attribuer les différences entre moutons en cage et moutons au pâturage au mode d'alimentation ou à la complémentation. Il est probable que ces deux facteurs se soient conjugués car ils agissent dans le même sens : on observe en effet à Tessekré une augmentation de l'excrétion fécale des moutons au pâturage liée à la complémentation.

La moyenne des résultats obtenus sur moutons en cage durant la deuxième partie de la saison sèche montre un fléchissement de MOFE lié aux effets conjugués de conditions climatiques plus sévères et probablement de la dégradation de l'état physiologique des animaux.

Les moutons au pâturage peuvent, grâce à leur comportement et à de meilleures conditions de confort, plus facilement s'adapter à la rigueur des conditions de l'environnement et à la dégradation des disponibilités fourragères ; pour eux la diminution de l'excrétion fécale n'intervient qu'après les premières pluies *.

L'évolution saisonnière de l'excrétion fécale des bovins, plus élevée en valeur absolue que celle des ovins, s'apparente à celle des moutons en cage. MOFE des zébus a augmenté à Tessekré dans le cas d'une complémentation, mais à Doli, où les ressources fourragères étaient plus abondantes, ce résultat ne s'est pas reproduit.

**Remarque : A Tessekré, l'accroissement de MOFE des animaux au pâturage entre la saison sèche fraîche (février) et la saison sèche chaude (mai-juin) est contradictoire avec la tendance générale observée à Doli. Nous pensons que les résultats de Tessekré correspondent à l'augmentation de la durée de pâturage : en effet, lors des premiers essais (février 1981), les animaux étaient conduits sur le parcours de 8h à 17h30 et ce n'est qu'à partir de mai 1981 qu'un mode de conduite se rapprochant de celui de l'élevage traditionnel (§ VII.1.1) a été adopté.*

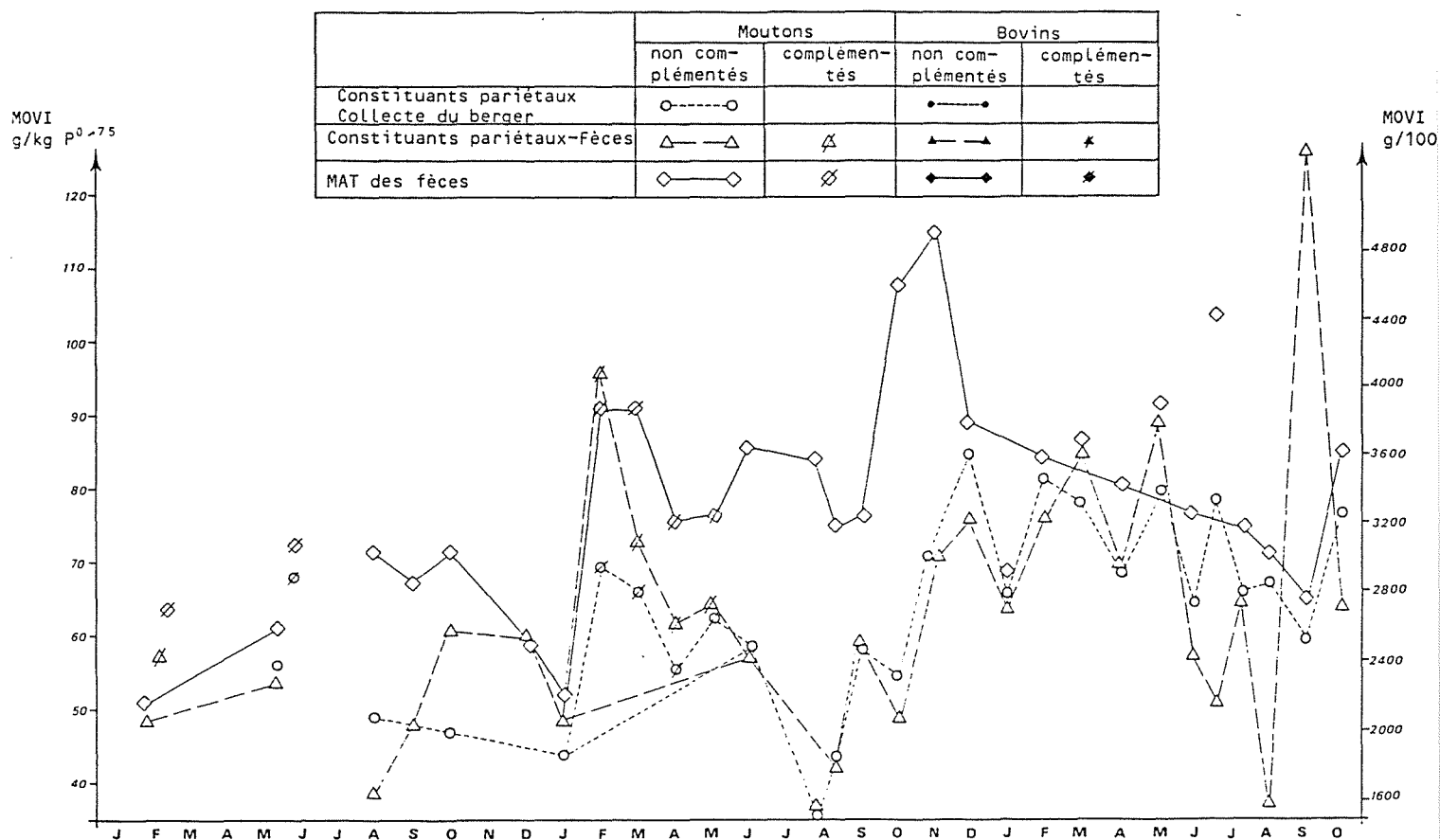


Figure 10.23 - Quantités ingérées (MOVI en g/kg $P^{0.75}$ ou en g/100 kg PV) par les ovins calculées à partir des MOFE et des dMO estimées en fonction des critères chimiques des collectes du berger et des fèces

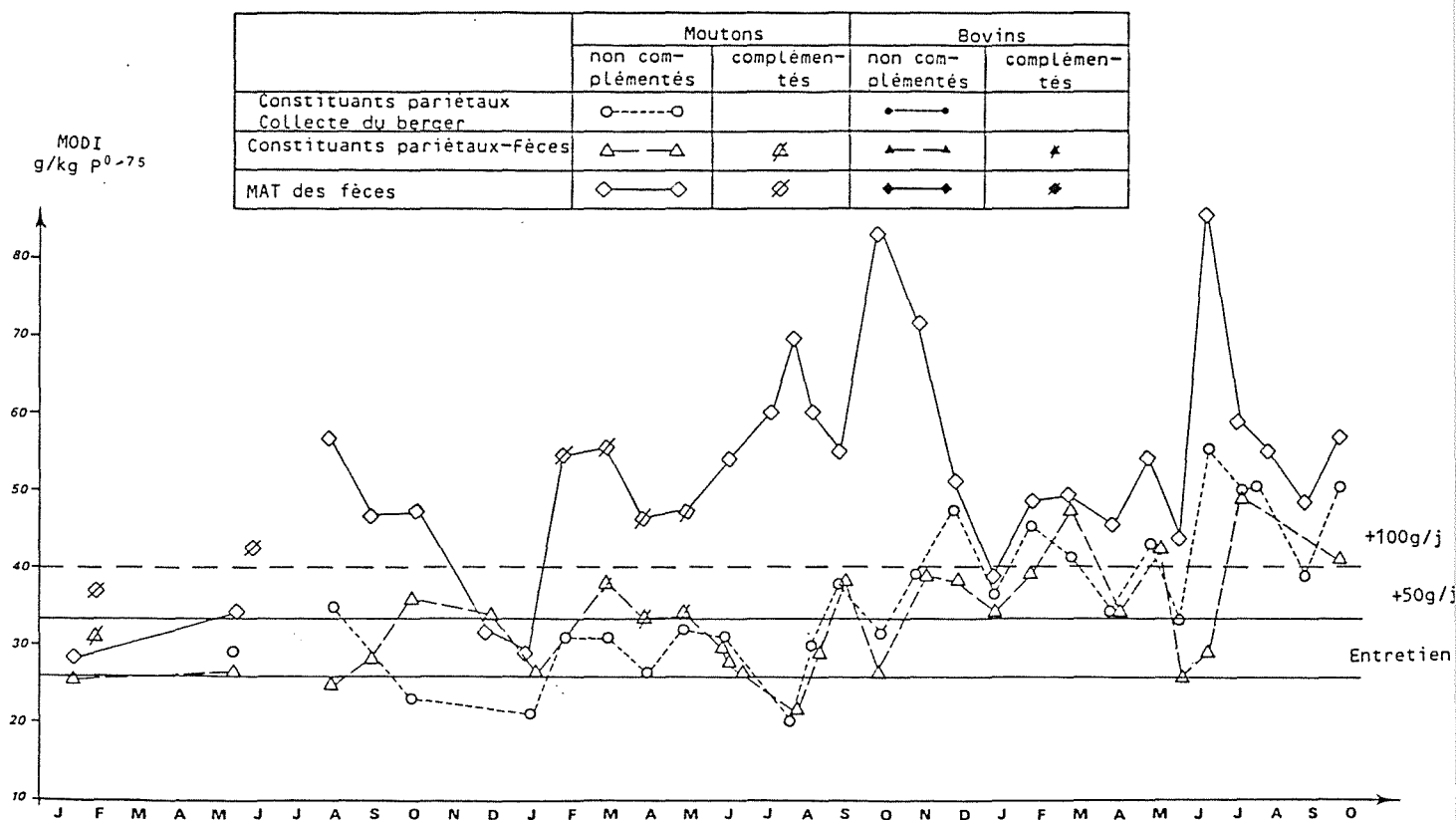


Figure 10.24 - Matière organique digestible ingérée (MODI g/kg $P^{0.75}$) par les ovins calculée à partir de MOFE et de dMO estimée à partir de critères chimiques des collectes du berger et des fèces

X.2.5. - Quantité de matière organique totale et de matière organique digestible volontairement ingérée (MOVI et MODI, respectivement)

$$\text{MOVI} = \frac{\text{MOFE}}{100 - \text{dMO}} \times 100$$

$$\text{MODI} = \text{MOVI} \times \text{dMO}$$

avec MOVI, MODI et MOFE en g/kg $P^{0.75}$

dMO en p.100

Pour faire ces estimations, nous avons retenu :

- dMO (collecte du berger, parois)
- dMO (fèces, parois)
- dMO (fèces, MAT)

a) Ovins

Les résultats concernant les ovins sont représentés sur les figures 10.23 et 10.24. Le choix des trois méthodes d'estimation de dMO entraîne des écarts importants entre les résultats déduits des teneurs en parois des collectes du berger ou des fèces d'une part et ceux déduits des teneurs en MAT des fèces d'autre part. De plus, on observe de fortes variations entre les mois successifs. Néanmoins, certaines tendances peuvent être discutées :

- les minima de MOVI (1,6 kg/100 kg PV (1) (2)) calculés en fonction de la dMO (parois) sont enregistrés en début de saison des pluies avant l'apparition en quantité suffisante d'un nouveau cycle de végétation. MOVI \overline{f} (parois) s'accroît pendant la saison des pluies et le début de la saison sèche jusqu'à des valeurs comprises entre 3 et 3,5 kg / 100 kg PV (3). Une phase de décroissance de MOVI \overline{f} (parois) débute ensuite entre mars et mai durant la deuxième partie de la saison sèche : MOVI \overline{f} (parois) reste alors compris entre 2,5 et 3 kg / 100 kg PV.

- MOVI \overline{f} (MAT fèces) est très élevé et dépasse à certaines périodes les valeurs mesurées directement (en stabulation) avec des fourrages de très bonne qualité (4 à 4,8 kg/100 kg PV) (5), ce qui nous confirme la surestimation très probable de la digestibilité et des quantités ingérées par cette méthode. On remarque cependant que l'évolution de MOVI \overline{f} (MAT fèces) de septembre 1982 à juin 1983, correspond à celle qui est attendue dans ces régions compte tenu de l'évolution de la qualité du fourrage et de sa disponibilité.

Les variations de MODI (ovins) sont parallèles à celles de MOVI. Quel que soit son mode d'estimation, MODI est presque toujours supérieur aux besoins d'entretien (26g MODI/kg $P^{0.75}$). Les valeurs maximales de MODI \overline{f} (parois) sont enregistrées en début de saison sèche alors qu'elles étaient attendues en milieu de saison des pluies.

- (1) L'expression des résultats en kg/100 kg PV plus familière aux zootechniciens travaillant en zone tropicale a été retenue ici. Les résultats ont été déduits de ceux exprimés par kg $P^{0.75}$ en considérant un bovin moyen de 250 kg et un ovin de 30 kg
- (2) soit 1,8 kg MSVI/100 kg PV d'après la teneur en cendres des collectes du berger
- (3) soit 3,2 à 3,8 kg MSVI/100 kg PV
- (4) soit 2,7 à 3,3 kg MS/100 kg PV
- (5) soit 4,4 à 5,3 kg MS/100 kg PV

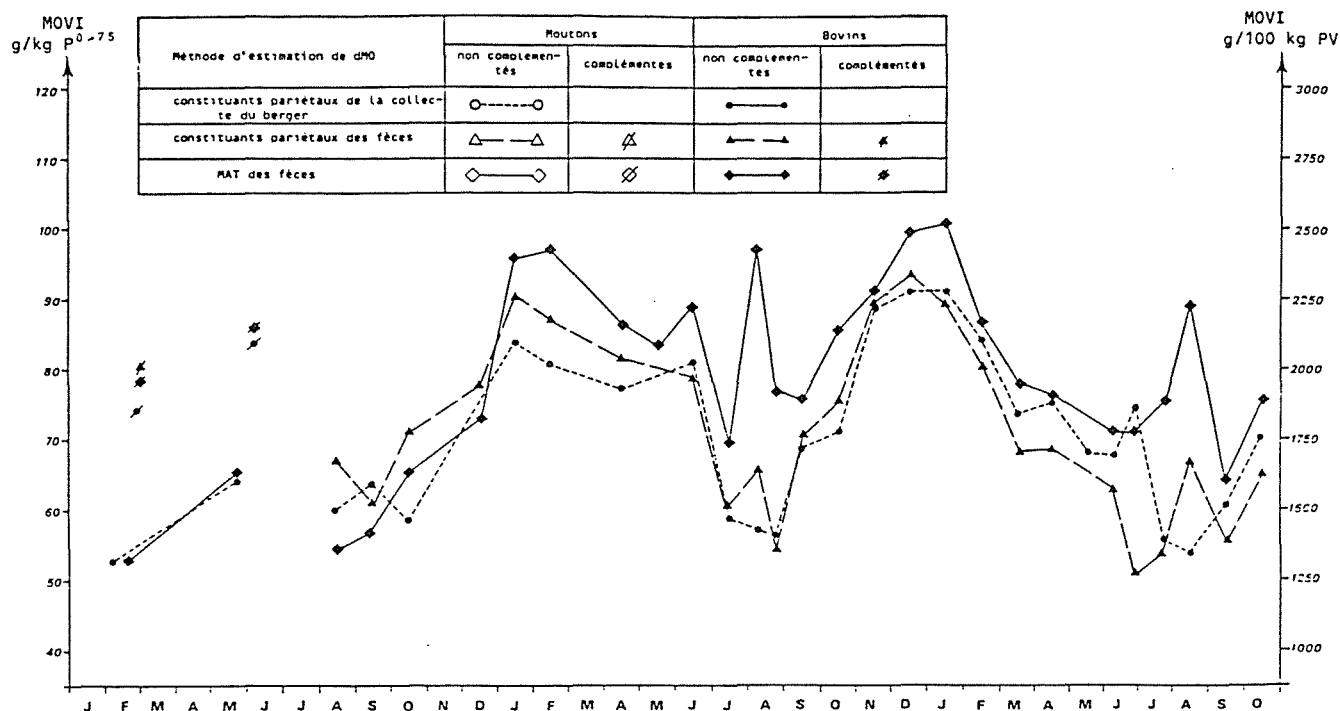


Figure 10.25 - Quantités ingérées (MOVI en g/kg $P^{0.75}$ ou en g/100 kg PV) par les bovins calculées à partir des MOPE et des dMO estimées en fonction des critères chimiques des collectes du berger et des fèces

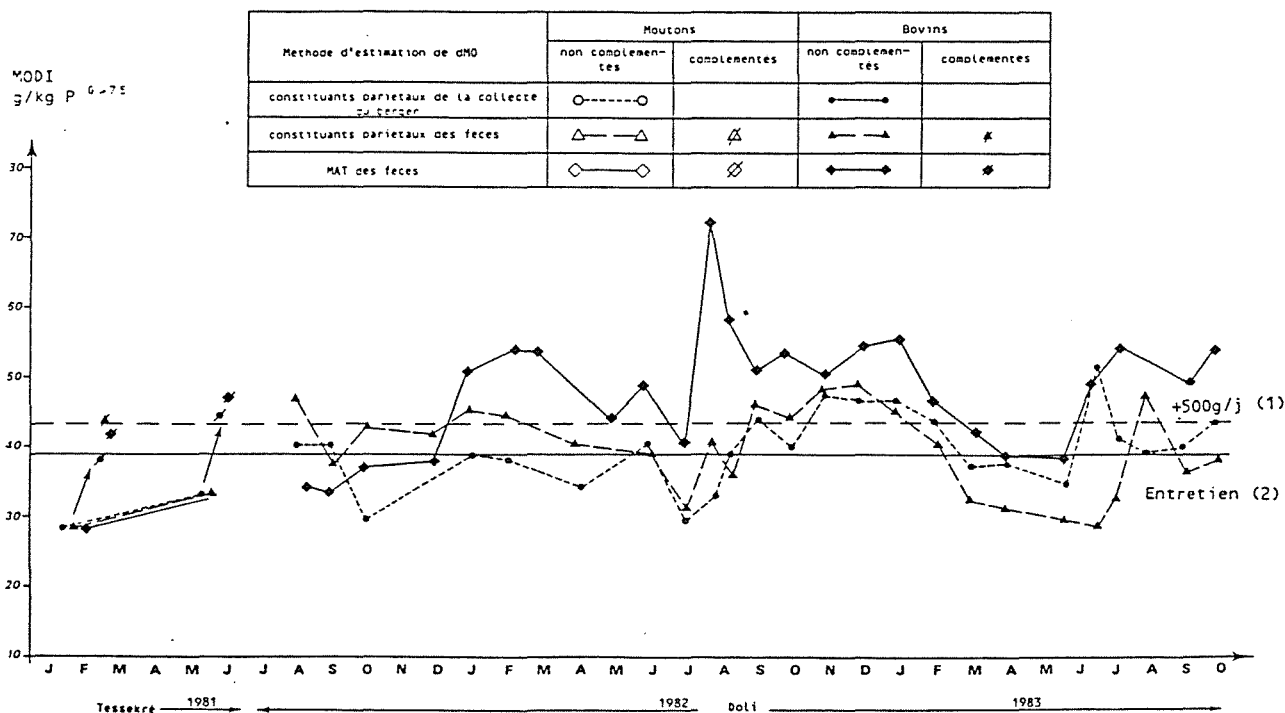


Figure 10.26 - Matière organique digestible ingérée (MODI en g/kg $P^{0.75}$) par les bovins calculée à partir de MOPE et de dMO estimée à partir de critères analytiques des collectes du berger et des fèces

(1) pour un bovin de 250 kg PV
(2) cf tableau 10.21

b) Bovins

Les résultats relatifs aux bovins (figures 10.25 et 10.26) sont par leur plus grande homogénéité, liée à celle de l'estimation de la dMO, d'une interprétation plus aisée. $\overline{\text{MOVI}}/\overline{f}(\text{MAT, fèces})$ est, comme pour les ovins, supérieur à $\overline{\text{MOVI}}/\overline{f}(\text{parois})$ mais l'écart est plus faible et reste compris en saison sèche entre 100 et 250 g/100 kg PV. Si on se limite à l'analyse des variations de $\overline{\text{MOVI}}/\overline{f}(\text{parois})$ l'ingestion minimale, de l'ordre de 1,4 kg MOVI/100 kg PV (1) est observée en début de saison des pluies. L'ingestion maximale (2,25 kg MOVI/100 kg PV (2)) est enregistrée en saison sèche fraîche (décembre-janvier). Entre ces extrêmes, l'évolution est rapide en saison des pluies, plus progressive en saison sèche ; toutefois, à cette période, la diminution de MOVI débute plus tôt que pour les ovins.

$\overline{\text{MODI}}/\overline{f}(\text{parois})$ suit les mêmes variations saisonnières que MOVI. De juin 1982 à octobre 1983, les besoins théoriques d'entretien ont été couverts d'août-septembre à février-mars ; ils ne l'ont pas été en dehors de cette période.

Conclusion de X.2.5.

La norme habituelle de consommation du bétail tropical de 2,5 kg MS/100 kg PV (soit 6,25 kg MS/UBT) semble surestimer la consommation des bovins sahéliens : dans ces essais, elle était plus proche de 2 kg MS/100 kg PV avec de fortes variations saisonnières (1,5 et 2,5 kg MS/100 kg PV en fin de saison sèche - début de saison des pluies et en saison sèche fraîche respectivement).

En revanche, 2,5 kg MS/100 kg PV constitue une estimation acceptable de l'ingestion des petits ruminants avec également de fortes variations saisonnières puisque dans ces essais la consommation a parfois varié du simple au double (de 1,8 à 3,6 kg MS par 100 kg PV).

Quel que soit le mode d'estimation de MODI, les besoins théoriques d'entretien et de croissance modérée des ovins ont presque toujours été couverts. Il n'en a pas été de même pour les bovins en fin de saison sèche et en début de saison des pluies.

L'ingestion maximale d'énergie a été enregistrée pour les deux espèces en saison sèche fraîche.

Les performances zootechniques ne sont pas conditionnées que par la seule couverture des besoins énergétiques. La sous-nutrition azotée et minérale du cheptel tropical n'est plus à rappeler. Il faudrait donc, comme pour la MOD, analyser les apports en MAD et en phosphore.

Les variations saisonnières des teneurs en MAT des régimes ingérés au pâturage ont été décrites au paragraphe X.2.1.b p.147. Pendant la saison sèche, les teneurs en MAT (par exemple à Doli, 50 à 70 g/kg MO(3) pour les bovins et 60 à 80 g pour les ovins (4)) sont légèrement inférieures aux concentrations

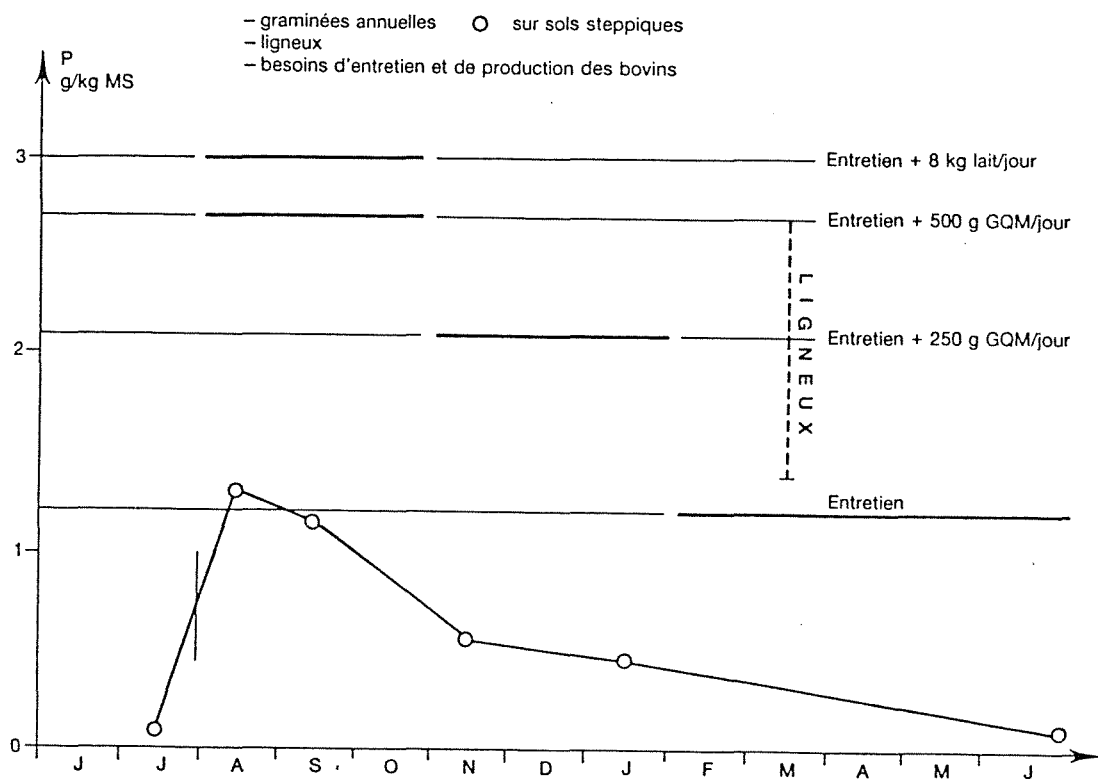
(1) soit 1,6 kg MS/100 kg PV

(3) 45 à 65 g/kg MS

(2) soit 2,5 kg MS/100 kg PV

(4) 55 à 75 g/kg MS

Figure 10.27 - Teneur en phosphore des graminées et des fourrages ligneux sur sol steppique sahélien et besoins des bovins



	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Tessékéré 1981	<p>24,2 kg ← 30g/j → 28,8 kg</p> <p>150 j (35 g tourteau/mouton/j)</p> <p><u>1^e pluies</u></p> <p>Dol 1 28 kg 27 kg 37,5kg 45,2kg</p> <p>81 82 ← 33g/j → 100g/j → 64g →</p> <p>30j 105j 120j</p> <p><u>1^e pluies</u></p> <p>26kg 32,8kg</p> <p>← 76g/j → 23g/j →</p> <p>90j (70g tourteau/mouton/j) 30j</p> <p><u>1^e pluies</u></p> <p>Dol 1 31kg 34,8kg 24kg 28,5 kg 33 kg 33 kg</p> <p>82 83 ← 63g/j → 50g/j → 50g/j → 0g/j →</p> <p>60j 90j 90j 30j</p> <p>Dol 1</p> <p>83 ← 115 g/j →</p> <p>90j</p>													

Tableau 10.18 - Poids vifs et gains quotidiens moyens (en g/j) de moutons Peul-Peul mâles en croissance sur les pâturages naturels sahéliens et soudano-sahéliens du Sénégal (lots de 6 à 10 moutons)

minimales préconisées pour l'entretien (85 g/kg MS pour les bovins, 90g/kg MS pour les ovins. NRC 1975 d'après CHURCH 1977). De plus, ces normes ne tiennent pas compte de la digestibilité des matières azotées, qui, pour de nombreux fourrages tropicaux (ligneux, certaines légumineuses) est faible.

Il sera d'ailleurs possible de calculer la DMA et les teneurs en MAD du régime à partir des diverses estimations de la dMO et des teneurs en MAT des collectes du berger et des fèces. Ce travail a été fait sur des moyennes saisonnières (cf § X.2.6. ci-dessous) mais le calcul systématique mois par mois permettra de mettre en relation ces paramètres avec la composition botanique du régime. On peut envisager la même démarche pour les constituants pariétaux digestibles.

Les teneurs en phosphore des graminées (figure 10.27) ou même des autres familles herbacées (tableau 9.1. p.111) sont nettement inférieures aux besoins d'entretien pendant presque toute l'année et a fortiori aux besoins de croissance, y compris à la période où la nutrition énergétique et azotée est optimale. Les ligneux sont un peu plus riches en phosphore que les herbacées mais leur contribution au régime, faible à Doli, est variable.

Pour analyser correctement les apports en minéraux (Calcium, Phosphore, Cuivre et Zinc en particulier), il faudrait exploiter plus finement les nombreux prélèvements récoltés au pâturage en procédant à l'analyse d'échantillons de mélanges; cependant le tableau 9.1 montre que les écarts entre les teneurs en minéraux des espèces végétales sont faibles et les conclusions différeraient probablement peu de celles ébauchées ci-dessus pour le phosphore.

X.2.6. Comportement pondéral des animaux d'expérience. Comparaisons des quantités de MOD et de MAD ingérées par ces animaux à leurs besoins théoriques

La composition des troupeaux expérimentaux est décrite dans l'introduction (p.77 et 80). Il s'agissait toujours de mâles en croissance auxquels était distribuée une complémentation minérale et pour certains lots, une complémentation azotée. Les résultats du suivi pondéral effectué à Doli et Tessekré sont résumés :

- au tableau 10.18 pour les moutons
- à la figure 10.28, au tableau 10.19 et à la figure 10.29 pour les bovins.

Les pesées effectuées le matin après une nuit de jeûne, étaient mensuelles. Les zébus en réélevage à Doli (tableau 10.19 ; figure 10.29) ont subi une triple pesée après une période de 15 jours d'adaptation en début d'essai et une autre en fin d'essai.

Seuls ont été retenus ici les poids moyens aux changements de saison (donc de régimes) et les gains quotidiens moyens saisonniers.

Dans les conditions d'exploitation des pâturages décrites précédemment, les variations de poids suivantes ont été enregistrées :

Tableau 10.19 - Calendrier de complémentation et performances des animaux en réélevage à Doli de décembre 1981 à octobre 1983

	Calendrier de complémentation							Performances sur 2 ans d'expérience					
	Quantités distribuées g/animal/jour						Total dist. kg/2 ans		Poids début essai kg	Poids fin essai kg	Gain de poids total kg	Différence /témoin 1 kg	Gain moyen quotidien g/an/j
			P ₂ - P ₄		P ₃ - P ₅		T.A.	C.M.					
	T.A.	C.M.	T.A.	C.M.	T.A.	C.M.							
Témoin 1 1 - 2 ans n = 6	0	200 + 20	0	200 + 20	0	0	0	80 + 8	143	313	170		249 (1) a
Témoin 2 2 - 3 ans n = 5	0	200 + 20	0	200 + 20	0	0	0	80 + 8	217	380	163	- 7	240 a
Niveau 1 1 - 2 ans n = 17	400	200 + 20	500	200 + 20	0	0	200	80 + 8	139	347	209	+ 38	304 b
Niveau 2 1 - 2 ans n = 18	600	200 + 20	750	200 + 20	0	0	300	80 + 8	141	366	225	+ 55	328 b
Niveau 3 1 - 2 ans n = 19	800	200 + 20	1000	200 + 20	0	0	400	80 + 8	139	374	235	+ 55	345 b

P₁ = du 15 décembre 1981 au 28 février 1982

P₂ = du 1er mars 1982 au 15 juillet 1982

P₃ = du 16 juillet 1982 au 15 décembre 1982

P₄ = du 16 décembre 1982 au 15 juillet 1983

P₅ = du 16 juillet 1983 au 31 octobre 1983

P₁ + P₂ + P₃ + P₄ + P₅ = 685 jours < 2 ans.

T.A. = tourteau d'arachide

C.M. = complément minéral :

- 200 p. C1 SONESP (86,5 p.100 son de blé, 10 p.100 phosphate bicalcique, 3,25 p.100 NaCl, 0,25 oligo-éléments (Ca : 9 p.100 - P : 12 p.100))

- 20 p. multiphos (Ca = 23 p.100 - P = 17 p.100)

(1) Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes entre elles

Figure 10.29 - Evolution pondérale des lots de taurillons témoins et complémentés à Doli

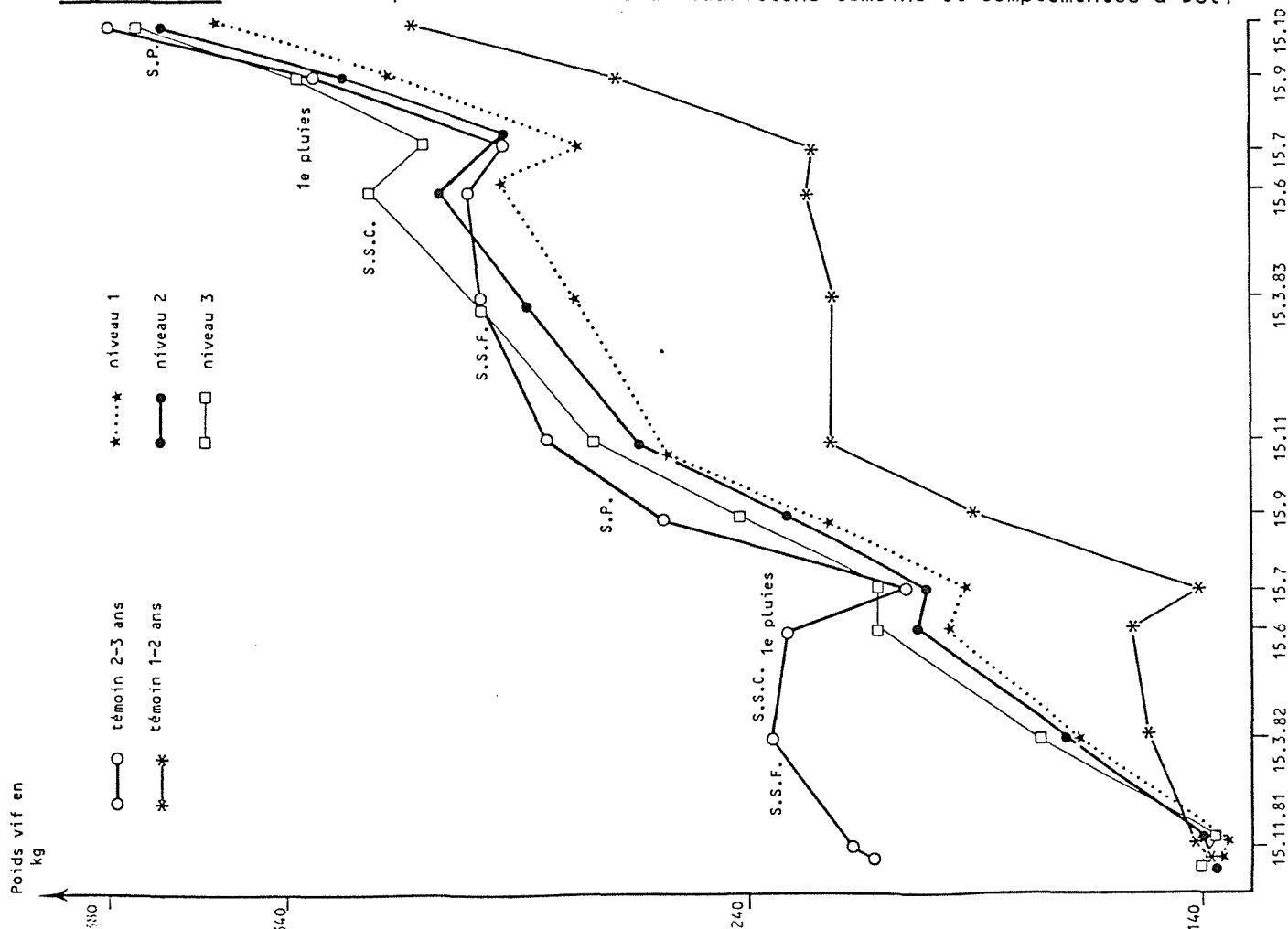
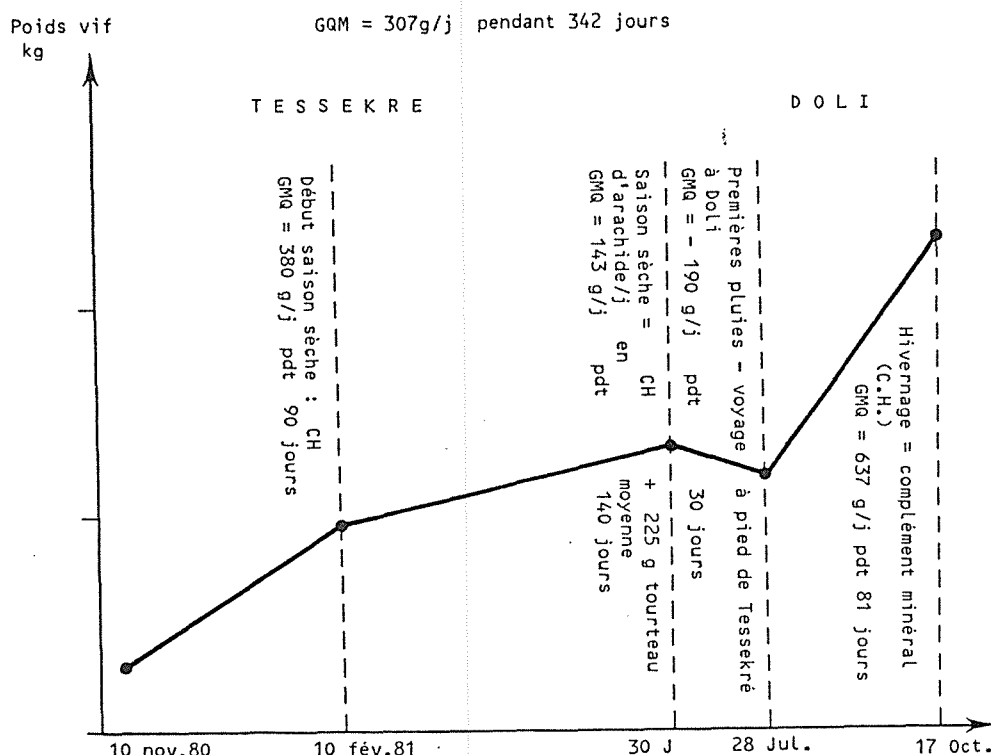


Figure 10.28 - Evolution pondérale des zébus d'expérience (n=6) âgés de 2 à 3 ans sur les pâturages de Tessekré (novembre 1980 à juin 1981) et de Doli (juillet à octobre 1981)



- moutons en saison des pluies et en début de saison sèche : GMQ de 60 à 120 g/j
- moutons en saison sèche : GMQ de 65 g/j à Doli en 1981-1982 et de 50g/j à Doli en 1983
- moutons en saison sèche complémentés (tourteau d'arachide : 3 à 8 p.100 de la ration environ) : GMQ de 30g/j à Tessekré et de 76 g/j à Doli en 1982
- les seules pertes de poids (jusqu'à -30g/j) enregistrées sur les moutons l'ont été en début de saison des pluies
- bovins en saison des pluies : GMQ de 600 à 800 g/j
- bovins en début de saison sèche (fraîche) : GMQ de 0 à 200 g/j
- bovins en fin de saison sèche : GMQ de -250 à 50g/j
- bovins en début de saison des pluies (1mois) : pertes de poids de 200 à 600 g/j

La complémentation des bovins avec 500g de tourteau d'arachide a modifié significativement les gains de poids saisonniers (tableau 10.20) et l'amélioration du GMQ moyen sur les deux années d'essai a été de 55 g/j : le coefficient de conversion du tourteau d'arachide en gain de poids vif a été de 5 kg pour 1 kg. En revanche, les gains de poids supplémentaires obtenus avec des niveaux de complémentation supérieurs (750 g ou 1 kg de tourteau par animal et par jour) ont été plus faibles et le coefficient de conversion a été dans ce cas de 15 kg de tourteau pour 1 kg de poids vif.

Tableau 10.20 - Gains quotidiens moyens (GMQ en g/j) de taurillons de 1 à 2 ans, pesant en moyenne 140 kg en décembre 1981, recevant un complément minéral : effet d'une complémentation en saison sèche par 500 g de tourteau d'arachide

	DOLI 81-82		DOLI 82-83			DOLI 83	Ensemble
	S.S. fraîche	S.S. chaude	S. pluies	S.S. fraîche	S.S. chaude	S. pluies	685 jours
Lot témoin 1 - 2 ans n = 6	120 (1) ^a	- 100 a	670 a	- 10 a	34 a	800 a	249 a
500 g Tourteau / zébu en S.S. n = 17	380 b	157 b	460 b	240 b	-103 a	760 a	304 b
(1) cf tableau 10.19	*	*	*	*	NS	NS	*

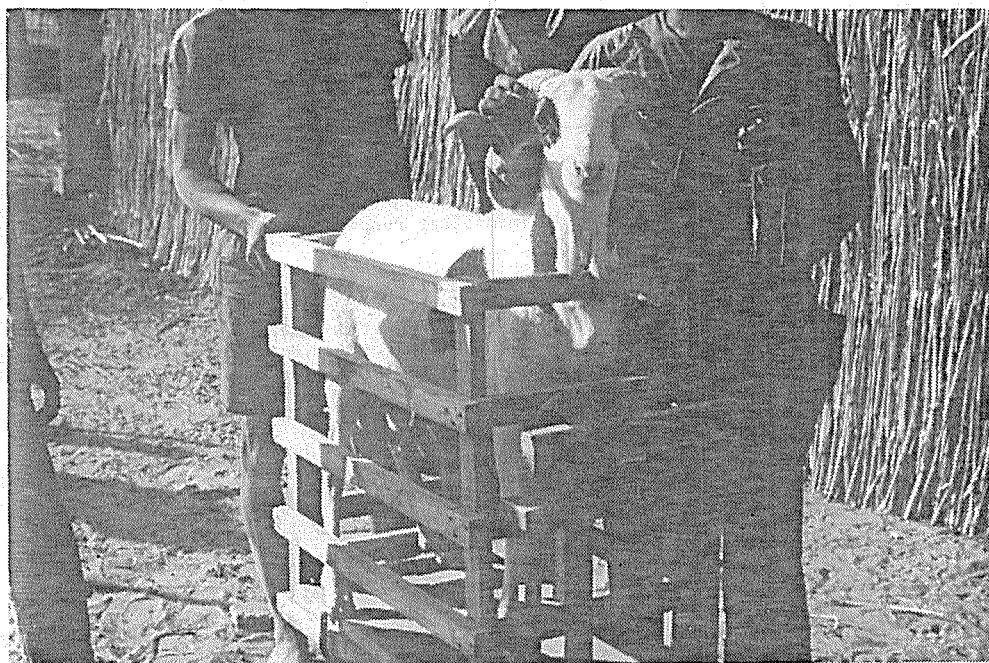


Photo 10.12 - Mouton mâle entier de race Peul-Peul de 3 ans, pesant environ 40 kg (Cliché FRIOT 1982)

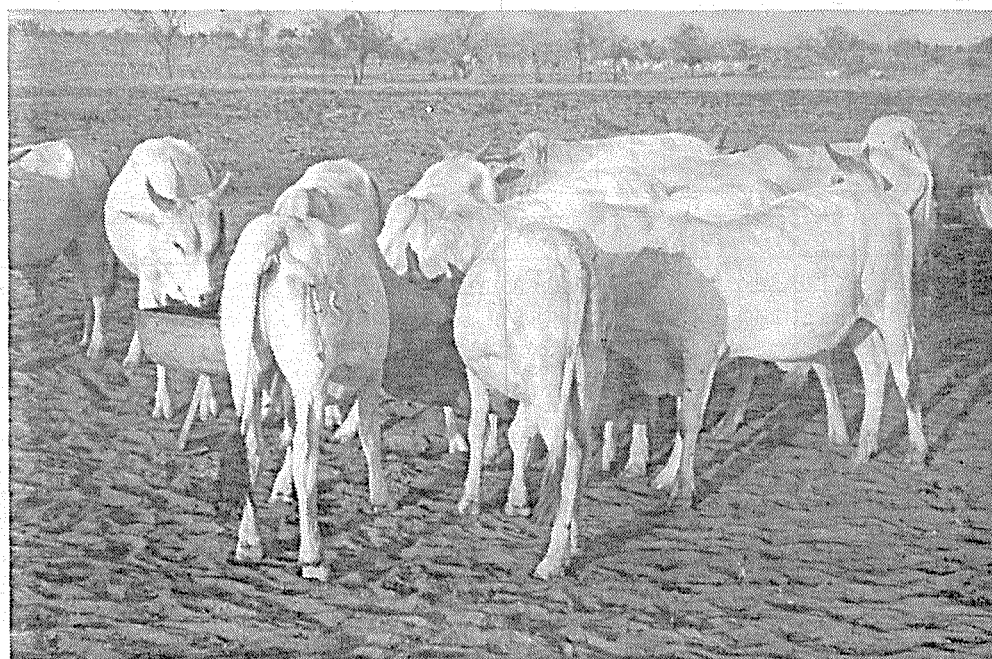


Photo 10.13 - Zébus mâles de race Gobra de 2 ans, complémentés en saison sèche avec 500g de tourteau d'arachide par jour (Cliché FRIOT 1982)

Tableau 10.21 - Normes adoptées pour le calcul des besoins théoriques des bovins et des ovins

	MODI		MADI	
	Entretien g/kg P ^{0,75} /j	Croissance modérée g/100 g de gain de PV	Entretien g/kg P ^{0,75} /j	Croissance modérée g/100g de gain de PV
OVIN	26 (1)	183 ou 91 g/50g de gain de PV	2,14	30
Référence	INRA 1978 p 404	INRA 1978 - d'après les besoins de croissance (modérée) de l'agnelle d'élevage (2)	INRA 1978 p 432 - Besoins d'entretien - laine exclue (3)	idem MODI
BOVIN	39 (1)	80	3	35
Référence	INRA (1978) - d'après les apports alimentaires recommandés pour des mâles en croissance (tableaux 11 - 7 p. 338) (2)			

(1) On rencontre parfois des estimations plus faibles des besoins d'entretien (par exemple 23g MODI/kg P^{0,75} pour le mouton à l'entretien - INRA 1978). On peut considérer que les valeurs retenues ici tiennent compte des besoins de déplacement qui peuvent entraîner un accroissement de 15 p.100 environ des besoins énergétiques pour des trajets de l'ordre de 8 km par jour (RIVIERE 1978)

(2) 0,1 UFL \approx 79g MOD d'après INRA 1978 - p.404

(3) Il s'agit ici de moutons à poils

Tableau 10.22 - Quantités moyennes de matière organique digestible ingérée (MODI en g/kg P^{0,75}) et de matière azotée digestible ingérée (MADI en g/kg P^{0,75}) par les OVINS, calculées à partir :
- des performances et des besoins théoriques (Y)
- de l'excrétion fécale (MOFE) et de la digestibilité estimée à partir de la teneur en parois des collectes du berger (X1),
des fèces (X2) ou de la teneur en azote des fèces (X3).
Différences entre les valeurs théoriques (Y) et celles issues des mesures (X1, X2, X3).
Coefficients de corrélation et s'il y a lieu équation de régression entre ces valeurs.

MOD I	N	MOD I g/kg P 1-75															
		f (besoins théoriques) = Y				f [dMO(coll.berg.parois),MOFE] = X1				f [dMO(fèces,parois),MOFE] = X2				f [dMO(fèces,HAT)] = X3			
		\bar{X}	s	Max.	min.	\bar{X}	s	Max.	min.	\bar{X}	s	Max.	min.	\bar{X}	s	Max.	min.
OVINS	10	36	5	48	31	34	7	44	23	36	11	64	24	47	10	67	32
Saison des pluies	5	38	7	48	32	34	6	44	23	38	16	64	24	53	9	67	46
Saison sèche	5	34	2	37	31	33	8	44	24	33	4	39	28	41	7	48	32
Non complémentés	8	36	5	48	32	34	8	44	23	36	12	64	24	50	9	67	36

	N	Y - X									MOD I f (besoins théoriques) = ax + b ± syx											
		X1			X2			X3			X1				X2				X3			
		Dif.	a	S	Dif.	a	S	Dif.	a	S	r	a	b	syx	r	a	b	syx	r	a	b	syx
OVINS	10	2	7	NS	0	12	NS	-11	9	**	0,351				0,033				0,422			
Saison des pluies	5	4	7	NS	1	17	NS	-15	10	*	0,463				0,140				0,082			
Saison sèche	5	0,2	7	NS	0,2	3,6	NS	1,6	1,5	NS	0,330				0,592				0,504			
Non complémentés	8	2	8	NS	0	13	NS	-13	9	**	0,299				-0,05				0,321			

MADI	N	MADI g/kg P 1-75															
		f (besoins théoriques) = Y				f [dMO(coll.berg.parois),MOFE] = X1				f [dMO(fèces,parois),MOFE] = X2				f [dMO(fèces,HAT)] = X3			
		\bar{X}	s	Max.	min.	\bar{X}	s	Max.	min.	\bar{X}	s	Max.	min.	\bar{X}	s	Max.	min.
OVINS	10	3,8	0,8	5,8	2,9	3,4	2,2	6,1	0,1	3,6	2,5	9,1	0,3	5,6	3,5	10,9	1,0
Saison des pluies	5	4,1	1,1	5,8	3,1	5,1	1,3	6,1	2,9	5,5	2,1	9,1	3,8	8,6	1,9	10,9	6,6
Saison sèche	5	3,4	0,4	4,0	2,9	1,8	1,5	3,8	0,1	1,8	1,3	3,3	0,3	2,6	1,4	4,2	1,0
Non complémentés	8	3,8	0,9	5,8	3,1	3,7	2,4	6,1	0,1	3,9	2,8	9,1	0,3	6,2	3,7	10,9	1,0

	N	Y - X									MADI f (besoins théoriques) = ax + b ± syx											
		X1			X2			X3			X1				X2				X3			
		Dif.	a	S	Dif.	a	S	Dif.	a	S	r	a	b	syx	r	a	b	syx	r	a	b	syx
OVINS	10	0,3	1,8	NS	0,1	2,4	NS	-1,8	3,1	NS	0,617	-0,237	2,9	0,7	0,349				0,552			
Saison des pluies	5	-0,9	1,0	NS	-1,4	2,3	NS	-4,5	1,8	**	0,664				-0,067				0,358			
Saison sèche	5	1,6	1,5	NS	1,6	1,2	*	0,8	1,2		0,252				0,312				0,493			
Non complémentés	8	0,1	2,0	NS	-0,1	2,6	NS	-2,4	3,3		0,627				0,322				0,530			

Les besoins théoriques des animaux d'expérience ont été calculés en fonction de leurs poids vifs et de leurs GMQ saisonniers d'après les normes de l'INRA (1978) (tableau 10.21) : pour les bovins, on a retenu les recommandations destinées aux mâles en croissance et pour les ovins celles adaptées aux agnelles sans laine en croissance ; en effet les normes relatives à des mâles correspondaient à des GMQ beaucoup plus élevés (≥ 150 g/j) que ceux mesurés dans ces essais.

Ces besoins théoriques sont comparés aux estimations (§ X.2.5.) des quantités de MODI et de MADI ingérés par les ovins et les bovins (tableaux 10.22 et 10.23 et figures 10.30 et 10.31).

a) Ovins

a1. MODI

La moyenne annuelle des quantités de MOD ingérée par les ovins calculée à partir de la dMO (parois) n'est pas significativement différente de la moyenne des besoins théoriques. Les moyennes saisonnières comprises entre 33 et 38g de MODI/kg $P^{0.75}$ sont peu différentes entre elles.

Il y a par contre des écarts importants entre les extrêmes des besoins théoriques et des apports mesurés ; notamment les minima des MODI \overline{f} (collecte du berger, parois) sont proches du niveau d'entretien (23g/kg $P^{0.75}$) alors que les minima des besoins théoriques sont de 31g/kg $P^{0.75}$ inversement les maxima des MODI \overline{f} (fèces, parois) atteignent 64g/kg $P^{0.75}$ en saison des pluies alors que les besoins théoriques ne sont que de 48g/kg $P^{0.75}$.

Les écarts entre MODI \overline{f} (fèces, MAT) et les besoins théoriques sont importants non seulement pour les maxima, mais également pour les moyennes ; ils sont dans ce cas significatifs : la surestimation de MODI calculée à partir de la dMO (fèces, MAT) par rapport aux besoins théoriques est de 11g/kg $P^{0.75}$; elle confirme la surestimation de la dMO lorsque on utilise les MAT comme index fécal.

Que les divers modes d'estimations de l'énergie ingérée donnent ou non des résultats significativement différents, nous n'avons pu établir entre eux de liaisons significatives. Cela tient à plusieurs raisons :

- la faible variabilité de la quantité de MOD ingérée estimée par l'ensemble des méthodes : l'effet de l'accroissement de la digestibilité en saison des pluies est partiellement annulé par la diminution des quantités ingérées (déduite de celle de l'excrétion fécale).

- le manque de précision de l'estimation de la digestibilité du régime des moutons (§ 10.2.3.)

a2. MADI

Les moyennes annuelles des apports de MADI calculés d'une part, à partir de la dMO (parois), de la teneur en MAT des collectes du berger et des fèces et d'autre part, des besoins théoriques, sont comme précédemment, non significativement différentes entre elles.

Tableau 10.23 -

Quantités moyennes de matière organique digestible ingérée (MODI en g/kg P⁰⁻⁷⁵) et de matière azotée digestible ingérée (MADI en g/kg P⁰⁻⁷⁵) par les BOVINS, calculées à partir :
 - des performances et des besoins théoriques (Y)
 - de l'excrétion fécale (MOFE) et de la digestibilité estimée à partir de la teneur en parois des collectes du berger (X1), des fèces (X2) ou de la teneur en azote des fèces (X3).
 Différences entre les valeurs théoriques (Y) et celles issues des mesures (X1, X2, X3).
 Coefficients de corrélation et s'il y a lieu équation de régression entre ces valeurs.

MODI	N	MODI g/kg P ⁰⁻⁷⁵															
		f (besoins théoriques) = Y				f [dMO(coll.berg.parois), MOFE] = X1				f [dMO(fèces, parois), MOFE] = X2				f [dMO(fèces, MAT), MOFE] = X3			
		\bar{X}	s	Max.	min.	\bar{X}	s	Max.	min.	\bar{X}	s	Max.	min.	\bar{X}	s	Max.	min.
BOVINS	28	44	4	54	37	41	4	47	30	42	5	54	30	50	8	63	35
Saison des pluies	15	47	3	54	43	41	4	45	30	42	3	47	38	51	9	63	35
non complémentés	8	48	4	54	43	42	2	45	39	42	2	44	39	55	6	63	49
complémentés (en saison sèche)	7	46	1	47	44	40	5	45	30	42	3	47	38	46	11	63	35
Saison sèche	13	41	3	46	37	41	4	47	35	42	7	54	30	49	5	58	40
non complémentés	8	40	2	42	37	39	4	45	35	40	7	46	30	47	5	52	40
complémentés	5	43	2	46	40	44	3	47	41	45	6	54	36	51	5	58	45
Non complémentés	16	44	5	54	37	40	4	45	35	41	5	46	30	51	6	63	40
Complémentés	12	44	2	47	40	42	4	47	30	44	5	54	36	48	9	63	35

MODI	N	Y - X									MODI f (besoins théoriques) = ax + b ± syx											
		X1			X2			X3			X1				X2				X3			
		Dif.	s	S	Dif.	s	S	Dif.	s	S	r	a	b	syx	r	a	b	syx	r	a	b	syx
BOVINS	28	3	5	** (1)	2	6	NS	-6	7	***	0,341				0,188				0,455	0,243	32	4
Saison des pluies	15	5	4	***	5	5	**	-4	8	NS	0,339				-0,366				0,436			
non complémentés	8	6	4	**	6	6	*	7	4	**	0,364				-0,788	S(1)			0,670	0,444	24	3
complémentés (en saison sèche)	7	5	5	*	3	3	*	-1	11	NS	0,400				0,538				0,023			
Saison sèche	13	0	4	NS	-1	5	NS	-8	4	***	0,557	0,332	27	2	0,734	0,274	29	2	0,745	0,362	23	2
non complémentés	8	1	4	NS	-1	6	NS	-7	4	**	0,263				0,535				0,500			
complémentés	5	-1	3	NS	-3	4	NS	-8	3	**	0,370				0,930	0,343	27	1	0,956	0,417	21	1
Non complémentés	16	3	4	*	3	7	NS	-7	4	***	0,539	0,750	13	4	0,126				0,770	0,612	13	3
Complémentés	12	3	5	NS	1	5	NS	-4	9	NS	-0,026				0,366				0,069			

(1) Comparaison des moyennes par la méthode des couples

* Significatif pour $\alpha = 0,05$; ** pour $\alpha = 0,01$; *** pour $\alpha = 0,001$

(2) Coefficient négatif et significatif mais ininterprétable ; cette observation montre avec quelle réserve il faut considérer ces résultats issus d'un faible nombre d'essais

MADI	N	MODI g/kg P ⁰⁻⁷⁵															
		f (besoins théoriques) = Y				f [dMO(coll.berg.parois), MOFE] = X1				f [dMO(fèces, parois), MOFE] = X2				f [dMO(fèces, MAT), MOFE] = X3			
		\bar{X}	s	Max.	min.	\bar{X}	s	Max.	min.	\bar{X}	s	Max.	min.	\bar{X}	s	Max.	min.
BOVINS	28	5,3	1,7	9,6	2,7	3,5	2,5	6,6	-0,6	3,5	2,4	6,9	-0,2	4,4	3,1	10,4	0
Saison des pluies	15	6,5	1,3	9,6	4,6	5,0	2,0	6,6	1,8	5,0	1,6	6,9	2,6	6,3	2,7	10,4	2,5
non complémentés	8	6,9	1,6	9,6	4,6	5,3	2,0	6,6	2,0	5,2	1,7	6,9	2,6	7,0	2,6	10,4	3,6
complémentés (en saison sèche)	7	6,1	0,7	7,5	5,3	4,7	2,1	6,6	1,8	4,8	1,5	6,9	2,6	5,5	2,8	10,4	2,5
Saison sèche	13	3,9	1,0	6,0	2,7	1,7	1,9	4,6	-0,6	1,8	1,9	5,6	-0,2	2,3	2,0	6,1	0,0
non complémentés	8	3,5	0,6	4,2	2,7	0,4	0,9	1,4	-0,6	0,5	0,6	1,4	-0,2	0,9	0,8	2,0	0,0
complémentés	5	4,6	1,0	6,0	3,5	3,7	0,6	4,6	3,1	3,9	1,0	5,6	2,8	4,5	1,0	6,1	3,5
Non complémentés	16	5,2	2,1	9,6	2,7	2,8	2,9	6,6	-0,6	2,8	2,7	6,9	-0,2	3,9	3,6	10,4	0,0
Complémentés	12	5,5	1,1	7,5	3,5	4,3	1,6	6,6	1,8	4,5	1,4	6,9	2,6	5,1	2,2	10,4	2,5

MADI	N	Y - X									MODI f (besoins théoriques) = ax + b ± syx											
		X1			X2			X3			X1				X2				X3			
		Dif.	s	S	Dif.	s	S	Dif.	s	S	r	a	b	syx	r	a	b	syx	r	a	b	syx
BOVINS	28	1,8	1,6	***	1,8	1,4	***	0,9	1,9	*	0,798	0,551	3,4	1,1	0,810	0,602	3,2	1,0	0,851	0,481	3,2	0,9
Saison des pluies	15	1,5	1,6	**	1,5	1,4	**	0,2	2,0	NS	0,592	0,389	4,6	1,1	0,519	0,433	4,3	1,2	0,718	0,353	4,3	1,0
non complémentés	8	1,6	1,4	*	1,7	1,5	*	-0,1	1,2	NS	0,726	0,582	3,8	1,2	0,605				0,920	0,583	2,8	0,7
complémentés (en saison sèche)	7	1,4	1,9	NS	1,2	1,5	NS	0,6	2,6	NS	0,350				0,331				0,320			
Saison sèche	13	2,2	1,4	***	2,1	1,3	***	1,6	1,5	**	0,644	0,330	3,3	0,8	0,766	0,385	3,2	0,6	0,732	0,345	3,1	0,7
non complémentés	8	3,0	1,1	***	3,0	0,8	***	2,5	1,0	***	0,013				0,132				0,073			
complémentés	5	0,9	0,7	*	0,7	0,3	**	0,1	0,4	NS	0,770				0,957	0,916	1,0	0,3	0,941	0,953	0,3	0,4
Non complémentés	16	2,3	1,4	***	2,3	1,3	***	1,2	1,7	*	0,890	0,648	3,3	1,1	0,879	0,690	3,2	1,1	0,95	0,560	3,0	0,7
Complémentés	12	1,2	1,5	*	1,1	1,1	*	0,3	2,0	NS	0,447				0,609	0,490	3,3	0,9	0,445			

Par contre, les MADI $\int f$ (parois) \int ingérées en saison sèche par les moutons non complémentés sont en moyenne inférieures aux besoins d'entretien et dans certains cas nulles, voire négatives.

Inversement, les MADI $\int f$ (fèces, MAT) \int sont supérieures aux besoins théoriques notamment en saison des pluies.

La seule liaison significative entre les besoins théoriques en MADI et les apports calculés a été obtenue avec MADI $\int f$ (collecte du berger, parois) \int (figure 10.30).

b) Bovins

b1 - MODI

Les différences entre les moyennes des besoins en MODI et les apports calculés en fonction de la dMO (parois) ne sont significatives qu'en saison des pluies ; elles atteignent alors 3 à 6 g de MODI/kg $P^{0.75}$, ce qui n'a été le cas qu'une seule fois pour les moutons ($Y - X1 = 4$ en saison des pluies - tableau 10.22).

En saison sèche, les apports ($f \int dMO$, parois \int) et les besoins en MODI des bovins complémentés ou non sont très proches.

Les apports de MODI calculés à partir de dMO (fèces, MAT) sont significativement supérieurs (6g MODI/kg $P^{0.75}$ en moyenne) aux besoins théoriques ; les différences les plus importantes sont enregistrées en saison sèche.

Les liaisons significatives trouvées entre apports et besoins en MODI concernent principalement la saison sèche ; elles sont plus étroites lorsqu'on utilise un critère fécal (parois ou MAT) qu'avec la teneur en parois des collectes du berger.

b2 - MADI

Les besoins en MADI des bovins sont le plus souvent supérieurs (de 1,8 g/kg $P^{0.75}$ en moyenne soit un peu plus de 50 p.100 des besoins d'entretien) aux apports calculés en fonction de dMO (parois) et même de dMO (fèces, MAT) ce qui n'était pas le cas pour les moutons.

La différence est en général plus grande en saison sèche qu'en saison des pluies.

Comme pour les MODI, il existe des liaisons significatives entre apports et besoins théoriques en MADI. Elles sont plus étroites en saison sèche qu'en saison des pluies et pour les bovins non complémentés que pour ceux qui le sont.

Figure 10.30 - Relations entre les estimations des quantités de MODI et de MADI ingérées par les ovins et leurs besoins théoriques (x1 = dMO (coll. berger, parois) ; x2 = dMO (fèces, parois) ; x3 = dMO (fèces, MAT)).

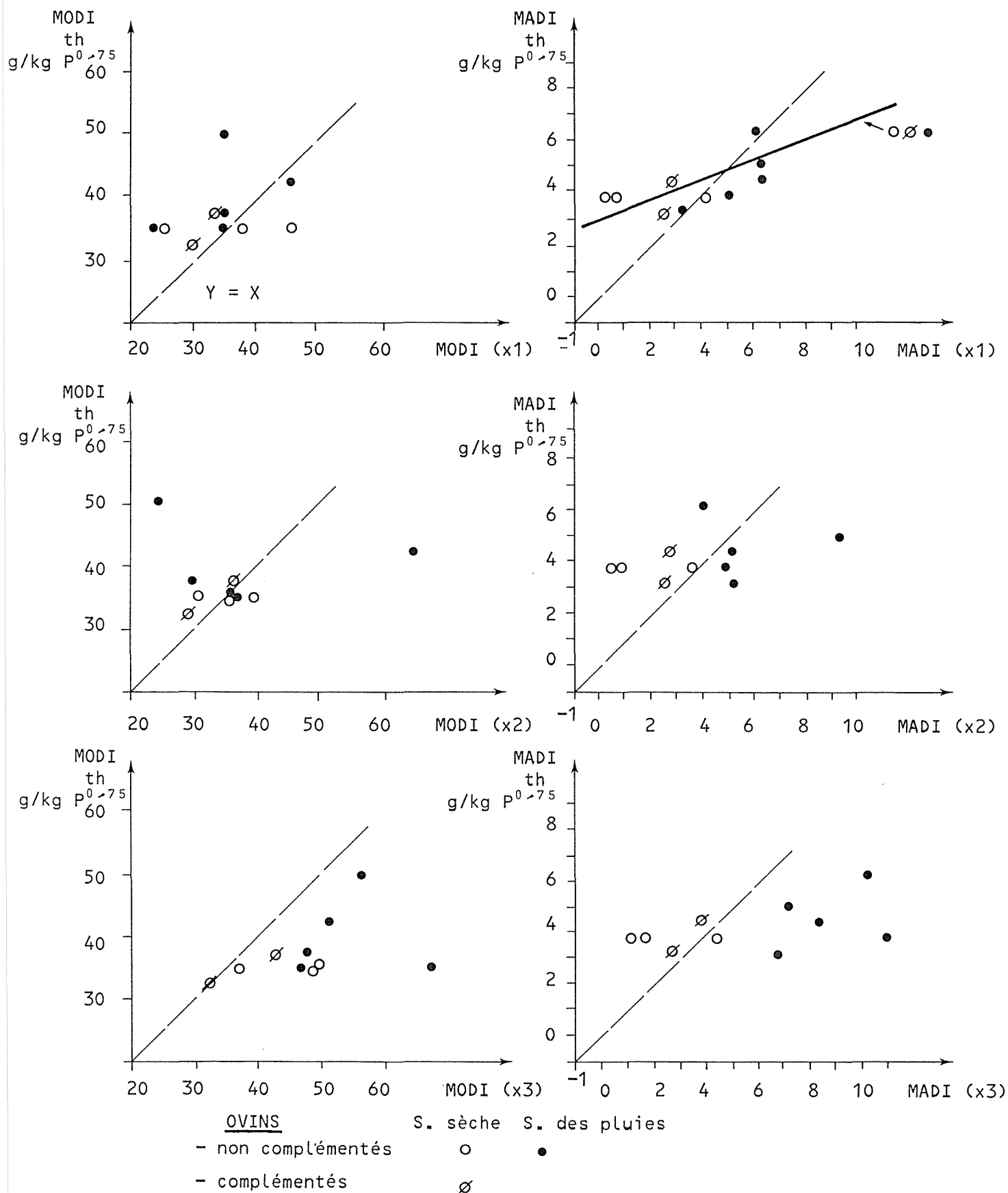
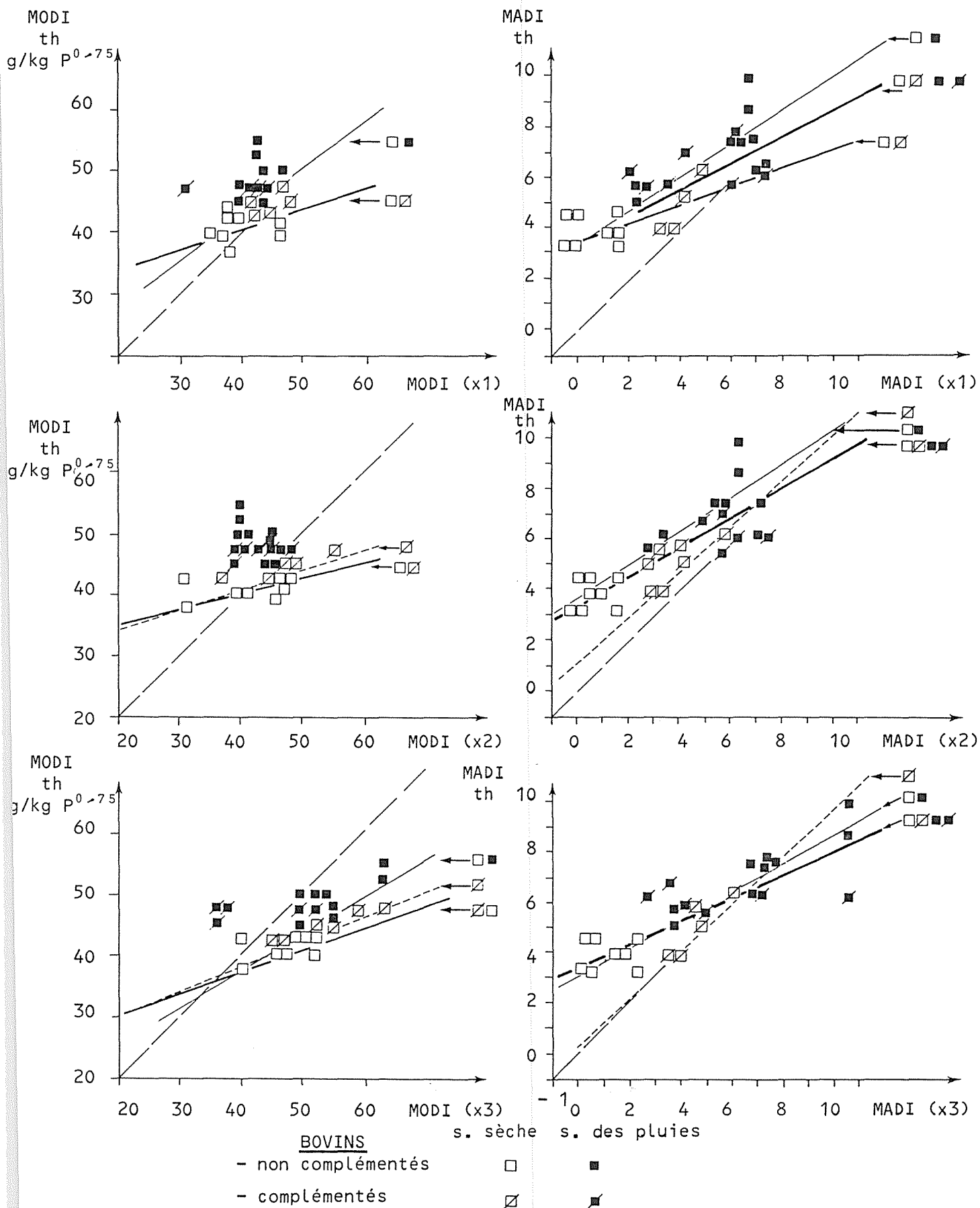


Figure 10.31 - Relations entre les estimations des quantités de MODI et de MADI ingérées par les bovins et leurs besoins théoriques (x_1 = dMO (coll. berger, parois) ; x_2 = dMO (fèces, parois) ; x_3 = dMO (fèces, MAT)).



Conclusion :

Nous nous étions fixé pour objectifs au début de cette étude :

- d'estimer la valeur nutritive des fourrages consommés au pâturage ainsi que les quantités ingérées par les ruminants domestiques.
- de préciser les effets des facteurs agissant sur ces paramètres, notamment ceux de la biomasse disponible par hectare et par tête de bétail, de la composition floristique du pâturage, de la saison, de l'espèce animale, de la complémentation, etc..
- de mettre au point une méthode à la fois simple et performante adaptée à l'étude de l'alimentation des ruminants sur des parcours extensifs de grandes dimensions ou à celle de tel ou tel facteur particulier agissant sur l'alimentation.

Nous faisons ci-dessous le bilan des résultats effectivement obtenus et des enseignements qui peuvent en être retirés sur le plan méthodologique.

Choix d'un type d'échantillon pour caractériser le régime ingéré au pâturage

L'estimation de la valeur nutritive du régime ingéré au pâturage repose sur l'analyse chimique ou la dégradabilité enzymatique d'échantillons représentant le mieux possible ("représentatifs") le régime effectivement ingéré. Dans cette étude, nous avons utilisé des collectes du berger, des échantillons de bols oesophagiens, de contenus de rumen dans le cas des bovins ou des échantillons de fèces.

Le dernier type d'échantillons, constitué du mélange de la production fécale totale de plusieurs animaux (5 à 8) pendant 5 jours, ne pose pas de problème de représentativité (cf chapitre V). Mais, par définition, il correspond au résultat de la digestion; sa composition doit donc être reliée à la digestibilité du régime par des modèles mis au point à partir d'essais "in vivo". Ces essais sont encore en nombre insuffisant en particulier pour les bovins et les régimes contenant des fourrages ligneux.

L'examen des différentes séries de résultats relatifs aux échantillons "représentatifs" de l'ingéré peut conduire à des recommandations contradictoires :

- les caractéristiques des bols oesophagiens recueillis en cage sont assez étroitement liées à celles des fourrages effectivement ingérés (figure 10.1, tableau 10.5).
- inversement, les bols oesophagiens recueillis au pâturage ne présentent de liaisons significatives étroites avec les collectes du berger que pour les MAT (figure 10.7). Les teneurs en parois et la dégradabilité enzymatique des bols ne sont que rarement corrélées avec celles des collectes du berger et les liaisons, quand elles existent, sont différentes d'un pâturage à l'autre (tableaux 10.9 et 10.10). Les caractéristiques analytiques des bols ont d'ailleurs parfois une évolution saisonnière aberrante comparativement à celles des fourrages disponibles (figures 10.11 et surtout 10.13) ou à leur digestibilité (figures 10.19b, 10.19c et 10.21).

Les différences entre les résultats obtenus sur les collectes du berger et sur les bols oesophagiens ne suffisent cependant pas à accorder une préférence à la première technique par rapport à la deuxième car le fait que les coefficients des équations de régression relatives aux constituants pariétaux varient d'un pâturage à l'autre constitue un indice supplémentaire mettant en relief la subjectivité de la collecte du berger.

Sur le plan méthodologique, l'amélioration de la technique de la collecte du berger (comparaisons entre observateurs, meilleure quantification des "pincées", etc..) semble pourtant plus porteuse d'avenir que celle des prélèvements oesophagiens qui posent de nombreux problèmes dont les principaux résultent :

- des difficultés d'entretien des animaux fistulés, en particulier pour les petits ruminants en saison sèche. Les effectifs en conséquence trop faibles et les différences individuelles risquent d'entraîner une trop grande imprécision dans la description du régime : les écarts entre individus sont parfois aussi grands que ceux mesurés entre pâturages.

- l'imprégnation salivaire du fourrage et le séchage à l'étuve qui la suit modifient sensiblement les résultats de l'analyse de Van Soest et de la mesure de la dégradabilité enzymatique. L'estimation de la digestibilité qui découle de ces analyses s'en trouve fortement biaisée.

Il faudra pourtant, avant de renoncer à cette méthode de prélèvement, examiner les améliorations permises par un séchage modéré (50°C) ou par la lyophilisation des bols oesophagiens (prélèvements recueillis de 1984 à 1986 dans un milieu agropastoral). Si ces modes opératoires permettent d'obtenir des résultats fiables, on pourra continuer à utiliser des animaux fistulés lorsque les conditions expérimentales nécessaires seront réunies, dans les autres cas, il faudra mieux se contenter de la collecte du berger. Quelle que soit la méthode, 8 à 10 prélèvements sont nécessaires pour caractériser le régime à une période et sur un pâturage donnés avec une précision comprise entre 5 et 15 p.100. Si l'objectif est de décrire le régime sur une année entière, ces séries de prélèvements pourront être reproduites à un rythme mensuel ou bimensuel en saison des pluies lorsque le fourrage évolue rapidement, bimestriel ou trimestriel en saison sèche.

Lorsqu'aucune de ces deux méthodes ne pourra être utilisée dans des conditions satisfaisantes, on se limitera à la récolte d'échantillons de fèces dont nous avons évoqué ci-dessus les avantages et les inconvénients : les mélanges de fèces de 8 moutons et 5 bovins permettent de déterminer leur composition chimique pour un pâturage et une période donnés avec une précision comprise entre 4 et 11 p.100 suivant les critères analytiques.

Choix d'une méthode de prévision de la dMO du régime

Parmi les modèles de prévision de la dMO (tableau 9.13), nous n'avons pas obtenu de bons résultats avec la méthode pepsine-cellulase : les différences avec la "dMO vivo" du tapis herbacé sont peu vraisemblables et les écarts entre mois, saisons, années, types d'échantillons sont d'une interprétation délicate. Il faut souligner que l'équation utilisée n'a été mise au point qu'à partir de 18 essais de digestibilité "in vivo" qui sont loin de recouvrir la diversité

des types chimiques des fourrages présents sur les pâturages. Par ailleurs, la technique de AUFRERE (1982) que nous avons utilisée n'est peut-être pas la mieux adaptée aux fourrages étudiés qui appartiennent à la catégorie des fourrages pauvres pour lesquels la technique de REXEN (1977) est souvent préférée (J. AUFRERE - comm. pers.).

L'utilisation comme estimateur de la dMO de la teneur en azote des échantillons "représentatifs" du régime et surtout des fèces est délicate en raison de la variabilité de la digestibilité des MAT affectée pour de nombreux fourrages par l'insolubilité de l'azote, la lignification des parois ou la présence de tannins. En particulier, l'utilisation de la teneur en azote fécal et de la teneur en azote des régimes riches en ligneux entraînent une surestimation de la digestibilité. Si la part des MAT contenue dans l'ADF permet d'expliquer la variabilité de la digestibilité de ces régimes (KONE 1987), l'utilisation de l'azote fécal comme estimateur de la dMO et de la dMA pourra probablement être améliorée.

Finalement, les constituants pariétaux des collectes du berger et des fèces semblent être, en l'état actuel des résultats, les prédicteurs de la dMO les plus faciles à utiliser : les estimations de la dMO obtenues à partir des deux types de prélèvements sont proches et les différences entre espèces animales, saisons et avec la "dMO vivo du tapis herbacé" sont cohérentes. Cependant l'estimation de la dMO à partir des teneurs en constituants pariétaux doit être améliorée par de nouveaux essais pour tenir compte de la spécificité des relations entre la dMO et les teneurs en constituants pariétaux, relations qui sont propres à chaque famille. On peut imaginer des modèles faisant intervenir la composition botanique des collectes du berger ou des fèces (technique des épidermes - PLANTON 1987) et leurs teneurs en constituants pariétaux. Un important travail expérimental est pour cela nécessaire. Il faudrait notamment effectuer des essais de digestibilité sur des rations mixtes comportant des proportions connues de fourrages appartenant à plusieurs familles. Des dispositifs aussi lourds sont-ils prioritaires en regard des résultats attendus (amélioration de 2 à 3 points de la précision de l'estimation de la digestibilité) et surtout des importantes lacunes de connaissances dans le domaine de l'alimentation animale ? Nous ne le pensons pas.

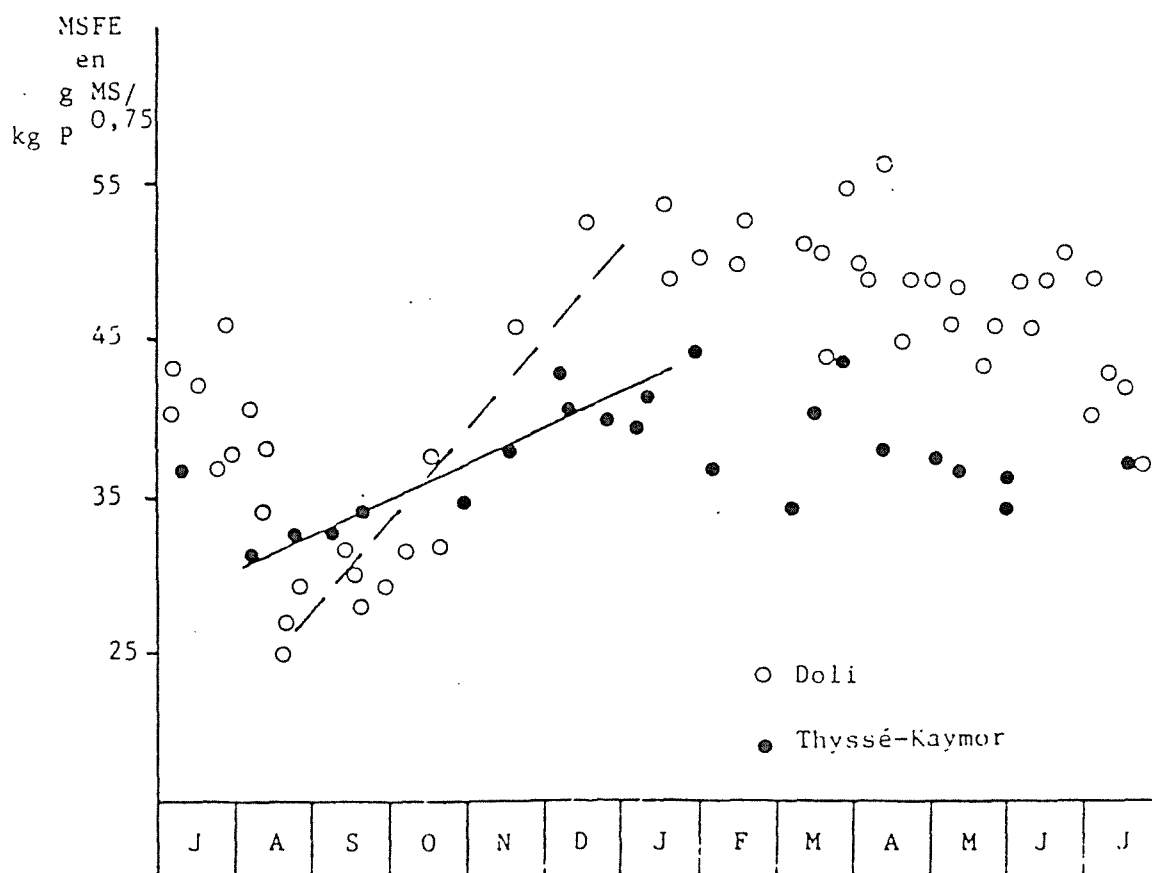
Ordre de grandeur de la digestibilité des fourrages ingérés au pâturage et de leur teneur en MAT

Nous retiendrons que les ovins sont capables, grâce à leur comportement sélectif, de se constituer un régime de saison sèche dont la digestibilité, comprise entre 45 et 50 p.100 est supérieure de 5 à 10 points à celle du tapis herbacé considéré dans son ensemble. Les estimations de la digestibilité du régime des bovins en saison sèche sont inférieures de 2 à 5 points à celles des ovins, mais ces estimations sont faites à partir d'équations mises au point sur moutons dont on sait qu'ils digèrent moins bien les fourrages pauvres que les bovins (PLAYNE 1978, CHENOST 1986). La digestibilité des fourrages de saison des pluies mesurée en cage lors d'essais de digestibilité in vivo ou estimée pour les animaux au pâturage est proche de 70 p.100. Elle diminue de 20 points environ de septembre à novembre, puis de quelques points ensuite.

Figure 10.32 - Variations de poids (moyennes saisonnières) et excrétion fécale des bovins mesurées dans le cadre d'un système d'élevage pastoral (Doli) et d'un système d'élevage agropastoral (Thyssé-Kaymor) sous climat sahélo-soudanien au Sénégal

	Elevage pastoral Doli: 1981-82-83	Elevage agropastoral Thyssé-Kaymor : 1983 - 1984 - 1985	
Pluviométrie annuelle	430 mm	480 mm	
Production fourragère annuelle kg MS/ha	2 000 à 1 300	1983 : 1 000	1984 : 700
Charge en ha/UBT	7	3	
Durée quotidienne de pâturage	15 heures	bovins : 7 à 12 heures petits ruminants : 4 - 12 heures	
Déplacements journaliers	4 - 6 km	4 - 12 km	
a) Comportement pondéral BOVINS	Zébus	Zébus	Taurins Ndama
Variations de poids en g/j	n = 6	n = 6	n = 6
1ère année	208		120
. début saison sèche (4 mois)	120		155
. fin saison sèche (4 mois)	- 100		- 118
. saison des pluies (4 mois)	669	490	360
2ème année	267	65	
. début saison sèche (4 mois)	- 10	- 90	
. fin saison sèche (4 mois)	35	- 200	
. saison des pluies (4 mois)	800		

b) Excrétion fécale des bovins à Doli et Thyssé-Kaymor



N.B : Chaque point correspond à la moyenne de 5 jours de mesures sur 5 animaux.

Les teneurs en MAT des régimes ingérés au pâturage sont plus élevées pour les caprins que pour les ovins et pour ces derniers que pour les bovins. Elles sont, en l'absence quasi-totale de fourrages ligneux (Doli, par exemple), supérieures de 10 à 40 g/kg MS à celles du tapis herbacé qui n'en contient que 30 à 50 g/kg MS. Lorsque les fourrages ligneux jouent un rôle plus important dans l'alimentation, la différence peut dépasser 100g/kg MS (Vindou). Il est possible de prévoir avec une précision acceptable (± 10 g/kg MS) la teneur en MAT du régime à partir de sa composition botanique déterminée par la collecte du berger (tableau 10.15).

Mesure de l'excrétion fécale : méthode et intérêt

La mesure de l'excrétion fécale indispensable à l'estimation des quantités ingérées a posé moins de problèmes que l'estimation de la digestibilité du régime. La technique de la collecte totale est bien adaptée aux conditions expérimentales des pâturages extensifs et a été, dans notre cas, plus facile à mettre en oeuvre que celles utilisant des marqueurs (oxyde de chrome). Entre autres inconvénients, ces dernières exigent des expérimentations d'étalonnage en stabulation et on ne sait pas si leurs résultats demeurent extrapolables aux conditions des pâturages.

Finalement, la collecte totale a fourni des résultats immédiats permettant un contrôle instantané de la qualité des mesures (variations entre animaux et entre jours de la teneur en matière sèche des fèces et de MSFE par exemple). Les MSFE ont été mesurées avec une précision comprise entre 5 et 15 p.100, ce qui est du même ordre que celles citées dans la bibliographie (chapitre VI).

Limites de l'étude de la valeur alimentaire des rations ingérées au pâturage. Intérêt des essais de complémentation et de charge

Bien que la mesure de l'excrétion fécale soit intéressante pour avoir un ordre de grandeur des quantités ingérées dans un milieu donné (figure 10.32) et pour étudier leurs variations annuelles ou saisonnières, il semble illusoire de faire appel à cette technique pour étudier les effets sur l'ingestion de facteurs tels que la charge, la complémentation, le rythme d'abreuvement, etc... : en effet, avec les effectifs d'animaux que nous avons utilisés (8 moutons, 6 bovins), qui demandaient déjà un équipement, un travail et une surveillance importants, la différence entre traitement des MSFE doivent atteindre 4 à 7 g MSFE/kg $P^{0.75}$ pour les ovins et 6 à 8g pour les bovins pour pouvoir être significatives. A cette imprécision, s'ajoute celle liée à l'estimation de la dMO dont nous avons vu qu'elle ne pouvait être faite qu'à 5 points de digestibilité près.

L'étude du comportement pondéral de lots de taurillons ou de moutons est donc le moyen le plus sûr pour tester les effets des divers traitements évoqués ci-dessus : des différences significatives ont été trouvées entre les GMQ de taurillons recevant ou non une complémentation alors que l'étude de leur alimentation, en particulier celle de leur excrétion fécale, n'a pas fait ressortir de différences.

Approche de l'estimation des besoins des bovins et des ovins exploitant les parcours sahéliens ou soudano-sahéliens

Le niveau de couverture des besoins énergétiques et azotés des bovins et des ovins a été étudié par la comparaison des estimations des quantités de MOD et de MAD ingérés aux besoins théoriques calculés à partir du comportement pondéral observé et des mesures appliquées aux animaux en croissance modérée (INRA 1978).

Bien qu'imprécises, nos mesures permettent de formuler certaines hypothèses. Elles n'ont de valeur que sur des pâturages où, comme ceux sur lesquels nous avons travaillé, la disponibilité en fourrage n'est jamais inférieure à 400 kg MS/hectare :

a) Ovins

- 2,5 kg MS/100 kg PV semble une estimation acceptable de l'ingestion moyenne des ovins sur une année, mais les variations saisonnières de MSVI sont importantes : les valeurs les plus faibles sont de 1,6 kg MS/100 kg en début de saison des pluies et les plus élevées de 3,8 kg MS/100 kg en saison sèche fraîche.

- les moutons ont couvert leurs besoins énergétiques d'entretien toute l'année sauf pendant le premier mois de saison des pluies. La quantité d'énergie ingérée varie peu au cours de l'année (les variations de dMO sont partiellement compensées par celles de MSVI) et l'ingestion maximale de MOD enregistrée en saison sèche fraîche ne coïncide pas avec l'optimum de la valeur nutritive (milieu de saison des pluies : août-début septembre).

- la couverture des besoins en MAD est, en moyenne sur l'année, proche des besoins théoriques mais les apports peuvent être inférieurs aux besoins d'entretien (de 50 p.100 en moyenne en saison sèche) sans que les animaux perdent du poids.

b) Bovins

- les quantités ingérées par les bovins sont inférieures à la norme de 2,5 kg MS/100 kg PV communément utilisée : elles ont été en moyenne de 2 kg MS/100 kg PV avec des extrêmes de 1,5 kg MS en fin de saison sèche début de saison des pluies et de 2,5 kg MS en saison sèche fraîche.

- des liaisons significatives ont été trouvées entre les besoins théoriques des bovins et les quantités ingérées de MOD et de MAD. Cependant, lors des périodes de sous-nutrition énergétique (fin de saison sèche - début de saison des pluies) ou azotée (saison sèche), les animaux ne perdent pas de poids ou en perdent moins que ce qui est attendu. Il est vrai que nous avons adopté pour les pertes de poids des besoins "négatifs", égaux en valeur absolue aux besoins de croissance modérée, ce qui est hypothétique.

- inversement, les performances enregistrées en période d'ingestion maximale d'énergie ou d'azote sont inférieures à celles que l'on pouvait espérer compte tenu des besoins théoriques. Ceci tient probablement à la non simultanéité des apports optimaux de MOD en début de saison sèche, de MAD en saison des pluies et aux apports chroniquement insuffisants en minéraux, en particulier en phosphore.

Il faut souligner qu'il ne s'agit ici que d'hypothèses, car les variations pondérales que nous avons mesurées ainsi que les comparaisons entre apports et besoins ne tiennent compte ni des phénomènes de croissance compensatrice, ni des modifications de la composition du poids vif liées aux changements de régime (contenus digestifs) ou à la mobilisation des réserves corporelles (variations de la teneur en eau de la masse corporelle par exemple). Des essais d'alimentation en stabulation avec des animaux recevant des rations couvrant des besoins inférieurs ou égaux à ceux de l'entretien permettront d'éclaircir ces différents points.

Ces hypothèses pourraient cependant être plus rapidement vérifiées en associant à la complémentation azotée de saison sèche une complémentation énergétique en saison des pluies. Cependant cette dernière, dont l'intérêt zootechnique et économique n'est pas évident, est plus difficile à mettre en oeuvre car les aliments énergétiques classiques tels que les céréales ou leurs sous-produits ne sont pas disponibles pour l'alimentation des ruminants ; la complémentation énergétique en saison des pluies, si elle s'avérait efficace (?) devrait donc reposer sur l'utilisation optimale de la mélasse, sous forme de blocs "mélasse-minéraux" (SANSOUCI 1986), par exemple, afin de résoudre les problèmes de transport, de stockage et de distribution.

Finalement, parmi les objectifs cités au début de cette conclusion, il a été possible de décrire l'alimentation du bétail sur des pâturages exploités modérément (7ha/UBT ; 400 kg de MS/ha au minimum en fin de saison sèche) avec une précision, somme toute acceptable, et de dégager un certain nombre de recommandations pour des expérimentations futures.

Concernant l'étude des facteurs agissant sur l'alimentation (flore, productivité du pâturage, charge, complémentation, etc...) les résultats se limitent à une méthode de prévision de la teneur en MAT du régime à partir de sa composition botanique et aux effets d'un apport de tourteau d'arachide en saison sèche sur le comportement pondéral. L'obtention rapide de résultats plus nombreux nécessite, à notre avis, la mise en place d'essais d'alimentation et de charge assortis de suivis alimentaires plus légers que celui décrit ici. Dans cet esprit, l'étude de l'alimentation servirait à expliquer, plus qu'à prévoir, les performances zootechniques. Ce type d'essais nécessite des parcelles homogènes de 200 à 300 hectares, aux clôtures fiables et exploitées par des lots d'animaux, objet d'une gestion rigoureuse. Ces conditions une fois remplies, les protocoles doivent être ajustés chaque année pour tenir compte de la pluviométrie et de la production des pâturages qu'elle a permis.

CONCLUSION GENERALE

Ce programme a été conçu initialement pour accroître la connaissance de la valeur alimentaire des fourrages naturels tropicaux et mettre au point des normes plus fiables que celles figurant dans les manuels d'enseignement ou de vulgarisation. C'est d'ailleurs R.RIVIERE, auteur de l'un de ces manuels et conscient de ses lacunes, qui a initié le projet avec H.CALVET et A.K. DIALLO.

Tout au long des différents chapitres, nous avons insisté sur la variabilité dans le temps et dans l'espace, de la productivité des pâturages, de leur composition floristique, de la valeur nutritive des fourrages qu'ils portent et finalement de l'utilisation qu'en font les animaux. De cette variabilité et de l'immensité des parcours exploités par le bétail découlent un grand nombre de problèmes méthodologiques que nous avons soulignés. Quel que soit le thème abordé, l'expérimentateur se trouve confronté à un problème d'échelle. Il doit faire un choix entre une étude fine sur un site ou un échantillon animal restreint et une approche plus générale correspondant mieux aux réalités de l'élevage. Une telle approche englobant inévitablement plusieurs situations, est de ce fait moins précise et ses résultats sont parfois inexploitable.

C'est au départ la deuxième possibilité qui a été retenue. L'identification rapide de nombreux facteurs aux effets mal connus, agissant sur l'alimentation du bétail, nous a conduit à rechercher la sécurité d'un espace expérimental de taille plus réduite et fermé.

Un certain nombre de paramètres relatifs à la végétation, au cheptel, à ses performances, etc... ont ainsi pu être enregistrés et les mesures effectuées sur les fourrages ou les animaux ont fourni des résultats correspondant à un contexte connu. Ils sont donc transposables à des situations identiques ou proches de celles dans lesquelles nous avons travaillé.

Cependant, il faut souligner que l'exploitation modérée des pâturages des stations de Doli ou Vindou Tiengoli, le mode d'abreuvement, la complémentation minérale, le déparasitage et les déplacements limités des animaux sont peu représentatifs des conditions générales d'utilisation des parcours naturels de ces régions. Sans y être toujours parvenu, nous nous sommes efforcé, dans le cas de Doli, de favoriser l'utilisation optimale des fourrages disponibles par les animaux.

L'inconvénient de ce travail est donc de n'avoir qu'effleuré certains aspects de la diversité de l'alimentation du bétail sahélien et soudano-sahélien. Les chapitres VII à X décrivent certains aspects des mécanismes qui contribuent à déterminer la valeur alimentaire des rations ingérées par les ruminants au pâturage : les paramètres qui ont varié dans cette étude sont la productivité et la composition floristique des parcours, fonction pour la strate herbacée de la pluviosité ; nous avons également étudié les effets d'une complémentation en saison sèche.

De nouveaux protocoles devront être mis en place pour étudier les effets de nombreux autres facteurs agissant sur la valeur des rations ingérées et/ou (cf conclusion du chapitre X : 5e point, p. 170) sur les productions zootechniques ; il s'agit, par exemple, pour un disponible en fourrage déterminé en début de saison sèche, d'étudier les effets :

- de la charge globale,
- des proportions relatives de plusieurs espèces de ruminants,
- de l'abreuvement,
- de la complémentation, etc...

Quel que soit le facteur étudié, le rôle de la pluviosité sur la végétation et finalement sur l'animal sera prépondérant et devra toujours être analysé. Dans les conclusions des différents chapitres, nous avons formulé quelques propositions pour poursuivre l'étude des relations entre le climat, le sol, la végétation et l'animal. Les résultats que nous avons obtenus dans ce domaine sont squelettiques et dispersés en regard du champ d'investigations potentiel ; de plus nous n'avons fait qu'analyser l'utilisation des fourrages disponibles par l'animal mais nous n'avons pas abordé la question des effets de l'animal, du surpâturage notamment, sur la végétation.

Cependant, avant cela et de notre point de vue, une réflexion synthétique devant déboucher sur le choix des priorités de recherche et des recommandations en matière de gestion ou d'aménagement des parcours naturels nous semble indispensable. Les méthodes retenues pour l'étude de l'alimentation du bétail auraient, dans une telle démarche, un objectif de diagnostic et devraient être considérablement allégées par rapport à celles qui ont été présentées ici.

La mise en oeuvre d'un programme pluridisciplinaire de ce type pourrait être initiée par la mobilisation de compétences multiples autour de deux cas concrets : l'un correspondant par exemple à un territoire pastoral où le cheptel et la végétation sont en équilibre, l'autre se dégradant et devant être restauré.

A N N E X E S



LISTE DES ANNEXES

- 1 Spécimen de fiche de terrain pour la collecte du berger.
- 2 Composition botanique (en p.100) du fourrage de Doli disponible sur le parcours et ingéré au pâturage par les bovins de décembre 1981 à juillet 1982, d'août à juin 1983 et de juin à octobre 1983.
- 2 Composition botanique (en p.100) du fourrage de Doli disponible sur le parcours et ingéré au pâturage par les moutons de décembre 1981 à juillet 1982, d'août 1982 à juin 1983 et de juin 1983 à octobre 1983.
- 4 Composition botanique (en p.100) du fourrage de Doli disponible sur le parcours de la zone rouge et ingéré au pâturage par les moutons de novembre 1982 à juin 1983.
- 5 Composition botanique (en p.100) du fourrage de Doli disponible sur le parcours de la zone jaune et ingéré au pâturage par les moutons de novembre 1982 à juin 1983.
- 6 Composition botanique (en p.100) du fourrage de Doli disponible sur le parcours de la zone verte et ingéré au pâturage par les moutons de novembre 1982 à juin 1983.
- 7 Composition botanique (en p.100) du fourrage de Doli disponible sur le parcours de la zone blanche et ingéré au pâturage par les moutons de novembre 1982 à juin 1983.
- 8 Composition botanique (en p.100) du fourrage de Doli disponible sur le parcours de la zone rouge et ingéré au pâturage par les bovins de novembre 1982 à juin 1983.
- 9 Composition botanique (en p.100) du fourrage de Doli disponible sur le parcours de la zone jaune et ingéré au pâturage par les bovins de novembre 1982 à juin 1983.
- 10 Composition botanique (en p.100) du fourrage de Doli disponible sur le parcours de la zone verte et ingéré au pâturage par les bovins de novembre 1982 à juin 1983.
- 11 Composition botanique (en p.100) du fourrage de Doli disponible sur le parcours de la zone blanche et ingéré au pâturage par les bovins de novembre 1982 à juin 1983.
- 12 Composition botanique (en p.100) du fourrage de Vindou Tiengoli disponible sur le parcours et ingéré au pâturage par les zébus, les moutons et les chèvres dans la parcelle "3" du périmètre pastoral.
- 13 Précision de l'estimation de la contribution spécifique de l'espèce dominante dans le régime des bovins et des ovins à Doli en fonction du nombre de séances de collecte du berger et du nombre total d'identifications (d'après DIENG 1986).
- 14 Précision de l'estimation de la contribution spécifique de l'espèce dominante dans le régime des bovins, des ovins et des caprins à Vindou Tiengoli en fonction du nombre de séances de collectes du berger et du nombre total d'identification (d'après DIENG - 1986).

ANNEXE 1 : Spécimen de fiche de terrain pour la collecte du berger

Date Heure début Heure fin Nom observateur

Animaux observés : Emplacement : distance - forage - distance pare-feux D :

9 RAPINÉES								
Aristida mutabilis		Schoenefeldia gracilis	Eragrostis tremula	Cenchrus biflorus	Pennisetum pedicellatum	Dactyloctenium aegyptium		Ctenium elegans
soïre		selbere	Solboko	Kebbe	Wulundé	burgel		Latchel davad
سُوَيْر		سَلْبِير	سَلْبُوكُو	كَبْبِي	وُلُونْدِي	جُورْ فِدْ		لَشَلْ دَاوَادْ
Andropogon pseudapricus		Diheteropogon hagerupii	Aristida stipoides	Andropogon gayanus	Brachiaria distichophylla	Chloris sp	Digitaria gayana	
golbel	golbal	garlabal	budel	tchielal	paggiri	tchelbi	beye bouli	
غُولْبِلْ	غُولْبَالْ	قَرْلَابَالْ	بُوْدَلْ	تَشِيَلَالْ	بَغِيرْ تَشِيْسِيرْ	تَشَلْبِي	بِيْئِلْ	

ANNEXE 2 :

Composition botanique (en p. 100) du fourrage de Pelli d'élevage sur le parcours et inventé
 en nature par les bovins en décembre 1981 à juillet 1982, et d'août à juin 1982, et de
 juin à octobre 1983.

	Décembre 1981 à juillet 1982								Août 1982 à juin 1983																Juin à octobre 1983					
	Comp. pât. p.100	Composition du régime en p.100							Comp. pât. p.100	Composition du régime en p.100														Comp. pât. p.100	Composition du régime en p.100					
		C	F	M	A	M	J	J		A 1 - 15		A 15 - 30		S	N	N	N	J	F	M	A	M	J		2nJ-10J		J 11-31	A	S	N
										sec	vert	sec	vert												sec	vert				
GRAMINEES	79	44	54	60	61	59	64	60	40	25	4	11	2	17	17	24	31	22	21	20	24	34	17		12	4	18	26	32	12
Aristida mutabilis	19	7	16	14	13	11	12	9	+	7		4	+	+	1	+	+		2		+								2	1
Eragrostis tremula	12	6	4	9	13	10	11	9	4	2		+	+	+	+	+	+		+									1	3	
Schoenefeldia gracilis	14	20	12	11	9	9	11	10	+	7		3	+	1	+	5	3	2	2	2	3	4	3		4		+	1	1	
Elionorus elegans	+		+	1	3	3	3	4	13	+				3	+	6	9	6	13	8	9	14	6		4			1	+	
Cenchrus bifloris	+		+		+	2	2	1	2	1	+	+	+	+	2	2	2	3	+	+		4	2		+		2	3	5	1
Cenchrus prieurii	7	8	4	5	4	3	4	3	5	2				+	1	+	+	1	1	1	4	1				1	1	7	+	
Pennisetum pedicellatum	+		5	2	+	+	2	2	+	+	+	2		1	2	1	+	+	+		1	1	+				1	+	+	+
Ctenium elegans	8	2	6	7	5	5	4	3	4	+		+			6	4	5	3	2	3	5	2	1		3			1		
Aristida stipoides	+		+	+	+	+	+	+	+					+																
Diheteropogon laetepes	1				+				+						1			+											1	+
Andropogon pseudapricus	8		3	6	5	5	3	3	6					+	3	3	5	2	1	4	1	3	+							
Indéterminées gazonnantes	12								6	4	3	1	+	9	1	2	5	4	2	1	2	2	+			4	13	20	13	4
LEGUMINEUSES-AUTRES HERBACEES	21	54	43	39	30	36	31	31	60	16	50	9	73	79	81	73	60	74	71	77	70	58	65		16	35	58	64	67	84
Zornia glochidiata	6	18	16	9	5	5	8	5	20	5	17	4	28	20	13	23	18	31	17	27	22	19	26		2	9	19	21	15	15
Alysicarpus ovalifolius	2	3	1	2	+	2	2	1	5	2	4	1	5	5	7	6	5	2	7	5	2	4	8		+	+	5	7	12	9
Indigofera sp	1	1	+	+	+	+	+	+	1		+		1	3	4	3	1	+	1	+	+	+	+			+	+	1	1	9
Crotalaria sp	1	3	+	5	3	3	3	+	1				+	2	7	4	2	+	+	1	+	+	+				1	1	2	8
Borreria stachydeae	8	21	23	15	15	17	10	13	25	4	16	2	23	17	26	25	37	34	35	37	33	28	29		12	22	22	20	11	21
Blepharis linariifolia	+		+	+	+	2	1	2	+				+	1	+	+	+	+	1		8	3					+	+	+	+
Urginea indica	+			+	+	+	+	1	+				+					+	+	+	+	+	+				+	+	+	+
Merremia sp	+	1	+	+	+	1	+	+	+	1	+		2	4	7	1		+	2	2	1	2	2		1	1	3	4	8	4
Volubilis diversae	1	+	+	2	+	2	3	4	4	2	4	1	8	9	7	4	2	2	2	4	2	1	1		+	1	6	7	5	8
Polycarpea linearifolia	+	7	+	2	1	+	+	1	+				+	1	+	+	+	+	1		8	3								+
Corchorus sp	+	+	+	+	2	+	+	1	+	1	3	+	3	4	1			+	+	+	+	+	+				2	1	3	6
Cassia mimosoides	1			2	1	+	+	+	1	1	+		+	1	+	+	+	1		+	+	+					+	2	4	6
Cassia tora	+					+			+				+	+	+															
Divers	1	+	3	2	2	3	3	2	3	+	4	1	1	9	4	2	1	3	2	+	1	1					+	+	5	2
LIGNEUX		2	3	1	8	6	5	5					5		5	4	2	3	1	4	6	3	18			33	24	11	1	4
Guiera senegalensis		1	1	+	6	4	3	5					4		4	3	1	2	+	1	5	2	8			21	21	10		2
Combretum glutinosum			1	+	2	2	2	1					+		+		+	1	1		+	3	9			4	+			+
Combretum nigricans			+					+																		1	+			+
Combretum micranthum																										2	+			+
Grewia bicolor																										2	+			+
Feretia apodanthera																										+	1			
Epineux divers																										1				
Autres ligneux																										1	+			2
Nombre d'observations	6650	212	1004	804	918	811	994	997	5752	437		343	410	901	590	932	919	442	696	450	531	325			311	404	470	468	530	
Biomasse en kg MS/ha		2000			1500		1400								1300		1150			1075		670						360		1150

ANNEXE 3 :

Composition botanique (en p.100) du fourrage de Doli disponible sur la parcours et ingéré
au pâturage par les moutons de décembre 1981 à juillet 1982, d'août 1982 à juin 1983 et de
juin 1983 à octobre 1983.

	Décembre 1981 à juillet 1982							Août 1982 à juin 1983															Juin à octobre 1983							
	Comp. pât. p.100	Composition du régime en p.100						Comp. pât. p.100	Composition du régime en p.100														Comp. pât. p.100	Composition du régime en p.100						
		D	F	M	A	M	J		A 1 - 15		A 15 - 30		S	O	N	D	J	F	M	A	M	J		20 J-10J	J 11-31	A	S	O		
									sec	vert	sec	vert																		
GRAMINEES	79	10	10	40	35	36	37	19	40	20	5	2	3	12	11	2	5	1	0	2	4	2	5		2	6	6	15	9	1
Aristida mutabilis	19	+	9	10	8	8	9	9	+	4	1	1	1	1			+						+					+	+	
Eragrostis tremula	12	+	1	0	8	7	7	9	4	3		+	1			+	1	+									+	+	+	
Schoenefeldia gracilis	14	5	2	4	4	6	4	7	+	4		1		1	+	+	1	+		+		+	+				+	+	+	
Elionorus elegans	+				3	2	4	3	13	+				3	1	+	2	+		1	2	1	1					1		
Cenchrus biflorus	+				+	+	+	+	2				+	1		+	+										1	+		
Cenchrus pruri	7	3	2	3	+	+	1	3	5	1	+			+		+					+						2	1		
Pennisetum pedicellatum	+	2	2	3	1	+	+	+	+	2				+	2											1				
Ctenium elegans	6		1	4	2	2	3	3	4	1							+		+	+	+						+			
Aristida stipoides	+				+				+																					
Diheteropogon hagerupii	1								+							+														
Andropogon pseudapricus	8		+	3	1	3	2	3	6	+					2	+	+					+	1					1		
Indéterminées gazonnantes	12		1	5	8	7	7	13	6	5	4	+	1	6	4	1	1	+		+	2	+	1			6	6	10	5	+
LEGUMINEUSES - AUTRES HERBACEES	21	86	81	56	64	59	60	43	60	10	53	3	83	81	84	91	93	95	98	95	96	86	89		23	53	80	82	89	95
Zornia glochidiata	6	14	17	7	5	4	3	3	20	4	23	2	28	20	11	20	17	23	23	27	13	23	21		1	15	30	34	18	18
Alysicarpus ovalifolius	2	7	+	+	+	+	+	+	5		4		7	7	6	5	5	2	5	7	4	3	2			+	3	5	11	7
Indigofera sp	1	1	+	+	+	+			1		+		2	4	6	4	2	+	2	+	+	+				+	2	6	12	
Crotalaria sp	1	1	2	2	2	2	4	3	1			+	+	6	6	2	1		+		+	+				+	1		3	9
Borreria stachydeae	8	51	65	32	28	33	33	24	25	2	17	+	24	18	25	42	57	57	58	42	40	32	43		21	26	19	22	20	21
Blepharis linariifolia	+	6	3	6	14	10	12	3	+		+		2	2	3	3	3	7	4	2	17	6	6			+	1	2		
Urghinea indica	+			6	7	5	3	2	+	1	3							2	16	18	19	12				9	4	2	2	
Merremia sp	+				+	1	+	+	+	1	3		5	4	8	2	+	+	2	1	1	+								
Volubilis diverses	1	+	1	1	1	1	1	2	4	7	1		6	8	4	5	3	+	+	4	3	2	1			1	7	8	8	
Polycarpea linearifolia	+	6		+	+	+	+	+	+					4	2	2	+		1		1						4			
Corchorus sp	+	+			+	+	+	1	+	+			4	4	2	1	+	+	2		+	1					+	+	5	2
Cassia mimosaefolde	1		+	+	+	+	+	+	1				3	4	2		+	+		+	+	+					+	2	7	9
Cassia tora	+		+	+	2	2	+	+	+							+	+	2	+		+	1	+				+	+	+	4
Divers	1		+	+	2	2	+	+	3	2	+	1	2	10	7	1	1	3	+	+	+	+	+		+	+	1	1	3	4
LIGNEUX		4	1	4	2	5	3	8		12		9	7	5	6	2	4	2	1	1	0	12	6		17	14	3	2	3	
Guiera senegalensis		4	1	1	+	2	1	5		8		8	6	3	+	+	+	+	1			7	5			9	7	1	+	
Combretum glutinosum				1	+	1	1	1					+				+	3	1	+		2	+				+	+		
Combretum migricans				+	+	+	+	+					+				+	+				+				+	+		+	+
Combretum micranthum				+	+	+							+				+	+				+					+	+		1
Grewia bicolor								+					+		1	1							+			2	2	+		+
Feretia apodanthera													+		2								+			1	2		1	
Epineux divers													+		2				+	1		1				+	+	1	+	+
Autres ligneux							+				4			+	1					7						4	2	+		+
Nombre d'observations	6650	134	682	630	769	661	629	860	5752	333		349	400	424	465	721	774	325	587	422	447	273			310	467	372	455	418	
Biomasse en kg MS/ha		2000			1500		1400								1300		1150			875		670					360		1150	

ANNEXE 4 :

Composition botanique (en p.100) du fourrage de Doli disponible sur le parcours de la zone rouge et ingéré au pâturage par les moutons de novembre 1982 à juin 1983.

	Composition du pâturage en p.100		Composition du régime en p.100									Ensemble de la période
	Versant dunaire 96 p.100 de la surface	Bas fond 4 p.100 de la surface	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin		
GRAMINEES	4	22			+		+	-		3	+	
Andropogon pseudapricus												
Aristida stipoides												
Ctenium elegans												
Diheteropogon hagerupii		+										
Brachiaria sp	+											
Cenchrus biflorus		+										
Cenchrus prieurii		1										
Digitaria sp		+										
Pennisetum pedicellatum		11										
Aristida mutabilis												
Elionorus elegans	4	6					+			3	+	
Eragrostis tremula		+										
Schoenefeldia gracilis					+							
Sporobolus sp												
Tragus sp		1										
PAPILIONACEES	72	22	58	45	44	57	42	-	43	65	51	
Alysicarpus ovalifolius	12	1	4	5	3		9		3		4	
Crotalaria sp	4	5	4	1	2					3	1	
Indigofera sp	3	2		1	+	5	+				1	
Zornia glochidiata	53	14	50	38	38	52	33		40	62	45	
AUTRES FAMILLES HERBACEES	24	56	42	53	48	41	55	-	41	11	42	
Blepharis linariifolia						2			1		+	
Merremia sp	+	1					4				+	
Spermacoce stachydea	20	23	35	53	46	38	32		16	4	32	
Urginea indica						1	15		22		5	
Volubiles diverses	+	11	3				3		2	4	2	
Cassia mimosoides	2				+							
Cassia obtusifolia		11	4		1				+		1	
Corchorus tridens	+	1			+		1			3	+	
Fimbristylis hispidula		6										
Polycarpea linearifolia												
Divers	+	3										
LIGNEUX	Voir annexe			2	8	2	3	-	16	21	7	
Combretum glutinosum				1	5				3		1	
Combretum micranthum												
Combretum nigricans												
Ferethia apodanthera												
Grewia bicolor												
Guiera senegalensis					1				11	17	4	
Epineux							3		1		1	
Divers				1	2					4	1	
BIOMASSE en kg MS/ha	750	(1 530)	750		280			280		150		
Nbre de semailles de collecte du berger (n x 1/2 heure)			3	3	4	2	3		2	1	18	
Nombre d'observations	927	330	105	162	226	85	240	0	113	29	960	

	Composition du pâturage en p.100		Composition du régime en p.100								
	Versant dunaire 96 p.100 de la surface	Bas fond 4 p.100 de la surface	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Ensemble de la période
GRAMINEES	62	19	6	7	4	0	6	5	3	15	6
Andropogon pseudapricus	5	2	3						+		+
Aristida stipoides	+										
Ctenium elegans	6		1				1	+		4	1
Diheteropogon hagerupii	1										
Brachiaria sp		+		+							
Cenchrus biflorus	3	+		1	1						+
Cenchrus prieurii	11	+	1								+
Digitaria sp	3	+									
Pennisetum pedicellatum	+	+							+		
Aristida mutabilis	1										
Elionorus elegans	18	7		4			3	4	+	4	2
Eragrostis tremula	+				1		1				
Schoenefeldia gracilis	8	5	1	2					+	1	+
Sporobolus sp	+	2	+								
Tragus sp	4				2		1	1		6	1
PAPILIONACEES	12	24	23	25	4	29	9	17	7	16	16
Alysicarpus ovalifolius	3	4	3	9	4	13	3	6	+	6	6
Crotalaria sp	+		4	3			1			4	1
Indigofera sp	+	4	5	6		6		1			2
Zornia glochidiata	8	16	11	7		10	5	10	7	6	7
AUTRES FAMILLES HERBACEES	26	57	68	68	89	61	85	78	83	65	75
Blepharis linariifolia			4	2	1	23	5	6	15	10	8
Merremia sp	+	1	3				1	3			1
Spermacoce stachydea	17	29	48	55	84	32	67	46	36	47	52
Urginea indica						3	8	20	28	4	8
Volubiles diverses	2	17	3	6	2		2	1			2
Cassia mimosoides	3	5						1			+
Cassia obtusifolia						3			2		+
Corchorus tridens	+	+	1	+			2	1	2	2	1
Fimbristylis hispidula	2	2									
Polycarpea linearifolia	1	2	5	5	2					2	2
Divers			4								+
LIGNEUX	Voir annexe		3		3	10			7	4	3
Combretum glutinosum					3	4			+	2	1
Combretum micranthum											
Combretum nigricans											
Ferethia apodanthera											
Grewia bicolor			2								+
Guiera senegalensis									3	2	+
Epineux			1			6			3		1
Divers									+		
BIOMASSE en kg MS/ha	1 710	(2 210)	1 710		1 670			2 320		1 180	
Nbre de séances de collecte du berger (n x 1/2 heure)			3	5	3	1	3	4	2	2	23
Nombre d'observations	2 211	243	115	258	114	31	98	194	123		933

ANNEXE 6 :

Composition botanique (en p.100) du fourrage de Doli disponible sur le parcours de la zone verte et ingéré au pâturage par les moutons de novembre 1982 à juin 1983.

	Composition du pâturage en p.100		Composition du régime en p.100								
	Versant dunaire 96 p.100 de la surface	Bas fond-4 p.100 de la surface	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Ensemble de la période
GRAMINEES	54	58	2	12	+	0	0	4	5	0	3
Andropogon pseudapricus	13	8		1							+
Aristida stipoides					+						
Ctenium elegans	4	+									
Diheteropogon hagerupii	+	+									
Brachiaria sp		13		2							+
Cenchrus biflorus	+								2		+
Cenchrus prieurii	3	2		1							
Digitaria sp	2	2									
Pennisetum pedicellatum	+	15									
Aristida mutabilis	+	+		1							+
Elionorus elegans	14	12	2	2				2	2		1
Eragrostis tremula	2	4									
Schoenefeldia gracilis	9	2	+	2							+
Sporobolus sp	+										
Tragus sp	5			2				2			+
PAPILIONACEES	2	20	24	9	12	18	21	17	12	13	16
Alysicarpus ovalifolius	2	4	7	2	+	7	9	4	1	1	4
Crotalaria sp		1	4								+
Indigofera sp		+	4			2	2		2		1
Zornia glochidiata	+	14	9	7	12	9	10	13	9	12	10
AUTRES FAMILLES HERBACEES	44	22	63	77	88	80	75	79	58	83	75
Blepharis linariifolia	+		3	6	15		4	12	3	7	6
Merremia sp	+		3				8		1	3	2
Spermacoce stachydea	32	16	50	67	71	70	45	32	31	49	51
Urginea indica						2	11	33	21	21	11
Volubiles diverses	2	2	4	+			3				1
Cassia mimosoides	+					7					+
Cassia obtusifolia		3		1		1			2	1	1
Corchorus tridens			3		+		4	1		2	1
Fimbristylis hispidula	7	+									
Polycarpea linearifolia	1			1							+
Divers	+			1	1			+			+
LIGNEUX	Voir annexe		11	2	0	2	4	0	25	4	6
Combretum glutinosum						2			3		1
Combretum micranthum				1					1		+
Combretum nigricans									1	+	+
Ferethia apodanthera			1						+	+	+
Grewia bicolor			2						+	+	+
Guiera senegalensis				1			4		14	3	3
Epineux			8						2		1
Divers									3		+
BIOMASSE en kg MS/ha	1440	(2 030)	1 440		1 420			750		850	
Nbre de séances de collecte du berger (n x 1/2 heure)			3	3	3	3	3	2	2	3	22
Nombre d'observations	1 304	413	119	161	234	98	112	91	91	112	1 018

	Composition du pâturage en p.100		Composition du régime en p.100									Ensemble de la période
	Versant dunaire 96 p.100 de la surface	Bas fond-4 p.100 de la surface	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin		
GRAMINEES	40	57	6	+	1	0	1	2	+	0	1	
Andropogon pseudapricus	6	6	1	+							+	
Aristida stipoides												
Ctenium elegans	6		2					1			+	
Diheteropogon hagerupii												
Brachiaria sp	2	9	2					1			+	
Cenchrus biflorus	4				+							
Cenchrus prieurii	5	1										
Digitaria sp	1	3	1								+	
Pennisetum pedicellatum	1	2					+					
Aristida mutabilis	1	2										
Elionorus elegans	13	23			+		+		+			
Eragrostis tremula	+	5										
Schoenefeldia gracilis	+	5										
Sporobolus sp	+	+										
Tragus sp												
PAPILIONACEES	22	17	33	27	38	21	24	28	43	22	29	
Alysicarpus ovalifolius	3	2	7	2	4	4	6		7			
Crotalaria sp	1	5	7	2	3				+			
Indigofera sp	+	1	6	2			1					
Zornia glochidiata	18	9	13	21	31	17	17	28	36	22		
AUTRES FAMILLES HERBACEES	38	26	53	71	56	79	72	70	55	70	66	
Blepharis linariifolia	+		3	4	8	5		15	1	5	5	
Merremia sp	1	+			2	1	1	4	2		1	
Spermacoce stachydea	31	19	40	60	39	70	39	40	40	55	48	
Urginea indica						3	25	6	9	9	6	
Volubiles diverses	+	1	9	4		+	3	2	3	1	3	
Cassia mimosoides	+				1						+	
Cassia obtusifolia					5						+	
Corchorus tridens	+	1					4				+	
Fimbristylis hispidula	5	4						1			+	
Polycarpea linearifolia				2	1						+	
Divers		1	1					2			+	
LIGNEUX	Voir annexe		8	2	5	0	3	0	2	8	4	
Combretum glutinosum					4						1	
Combretum micranthum					+							
Combretum nigricans												
Ferethia apodanthera			5								1	
Grewia bicolor			1								+	
Guiera senegalensis			2	1	1		2		2	8	2	
Epineux												
Divers			1								+	
BIOMASSE en kg MS/ha	1 340	(2 120)	1 340		840			760		530		
Nbre de séances de collecte du berger (n x 1/2 heure)			3	3	3	3	3	2	2	2	21	
Nombre d'observations	1 310	329	125	131	199	111	135	81	121	65	968	

de la zone rouge et ingéré au pâturage par les bovins de novembre 1982 à juin 1983.

	Composition du pâturage en p.100		Composition du régime en p.100								
	Versant dunaire 96 p.100 de la surface	Bas fond-4 p.100 de la surface	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Ensemble de la période
GRAMINEES	4	22	3	4	9	9	3	-	8	-	6
Andropogon pseudapricus				2	+		+		+		+
Aristida stipoides											
Ctenium elegans	+		3	1	1		+		+		1
Diheteropogon hagerupii		+									
Brachiaria sp		+									
Cenchrus biflorus		+			2						+
Cenchrus prieurii		1			+						
Digitaria sp		+									
Pennisetum pedicellatum		11									
Aristida mutabilis											
Elionorus elegans	4	6			4	9	2		6		3
Eragrostis tremula		+									
Schoenefeldia gracilis				1	2		+				1
Sporobolus sp											
Tragus sp		1									
PAPILIONACEES	72	22	65	49	64	54	50	-	54	-	56
Alysicarpus ovalifolius	12	1		5	9	18	6		4		7
Crotalaria sp	4	5	3	2	+		+		+		1
Indigofera sp	3	2	3	+							+
Zornia glochidiata	53	14	59	41	55	36	44		49		47
AUTRES FAMILLES HERBACEES	24	56	29	47	27	28	45	-	38	-	36
Blepharis linariifolia											
Merremia sp	+	1		1	+		+		4		1
Spermacoce stachydea	20	23	29	43	21	24	40		33		33
Urginea indica											
Volubiles diverses	+	11	+	+	4		4				1
Cassia mimosoides	2			2	1	4			+		1
Cassia obtusifolia		11									
Corchorus tridens	+	1							+		
Fimbristylis hispidula		6									
Polycarpea linearifolia											
Divers	+	3									
LIGNEUX	Voir annexe		3			9	2	-		-	2
Combretum glutinosum							2				+
Combretum micranthum							+				
Combretum nigricans											
Ferethia apodanthera											
Grewia bicolor											
Guiera senegalensis			2			9					1
Epineux			1								+
Divers											
BIOMASSE en kg MS/ha	750	(1 530)	750		280			280		150	
Nbre de séances de collecte du bétail (n x 1/2 heure)			3	3	5	1	3	0	2	0	17
Nombre d'observations	927	1 330	108	165	265	45	293	0	114	0	990

	Composition du pâturage en p.100		Composition du régime en p.100									Ensemble de la période
	Versant dunaire 96 p.100 de la surface	Bas fond 4 p.100 de la surface	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin		
GRAMINEES	62	19	26	40	33	39	39	35	50	47	39	
Andropogon pseudapricus	5	2	4	6	5	4	10	+	1	2	4	
Aristida stipoides	+											
Ctenium elegans	6		6	7	5	4	10	8	1	4	10	
Diheteropogon hagerupii	1											
Brachiaria sp		+	2	2		+					+	
Cenchrus biflorus	3	+	4	1	9	2		+	5	8	4	
Cenchrus prieurii	11	+	2	+		3	4	+	9	2	2	
Digitaria sp	3	+										
Pennisetum pedicellatum	+	+	1	1		+					+	
Aristida mutabilis	1		+	1				7			+	
Elionorus elegans	18	7	5	13	9	16	10	16	22	15	13	
Eragrostis tremula	+			1	1						+	
Schoenefeldia gracilis	8	5	1	6	2	7	5	+	8	10	5	
Sporobolus sp	+	2	+									
Tragus sp	4			1	2	2		+	4	6	2	
Indéterminées diverses						+						
PAPILIONACEES	12	24	23	21	9	11	17	21	13	20	17	
Alysicarpus ovalifolius	3	4	5	7	2	+	+	2	6	8	4	
Crotalaria sp	+		1	+	3	+			+		+	
Indigofera sp	+	4	3	+	+						+	
Zornia glochidiata	8	16	14	13	4	10	17	19	6	12	12	
AUTRES FAMILLES HERBACEES	26	57	43	36	54	49	38	41	30	31	40	
Blepharis linariifolia			1			3		7		4	2	
Merremia sp	+	1	4	1		4		+	2	2	2	
Spermacoce stachydea	17	29	26	28	51	35	38	29	25	21	31	
Urginea indica									+			
Volubiles diverses	2	17	6	2				2			1	
Cassia mimosoides	3	5	1	+		3		+	1		+	
Cassia obtusifolia												
Corchorus tridens	+	+				+		2		2	+	
Fimbristylis hispidula	2	2				2			1		+	
Polycarpea linearifolia	1	2	4	3	3	2		+			1	
Divers			1	2	+					2	+	
LIGNEUX	Voir annexe		8	3	4	1	6	3	7	2	4	
Combretum glutinosum			1	+	3		3		1	2	1	
Combretum micranthum			1								+	
Combretum nigricans			1				+				+	
Ferethia apodanthera												
Grewia bicolor			+									
Guiera senegalensis			3	3	1		2	3	6			
Epineux			1									
Divers												
BIOMASSE en kg MS/ha	1 710	(2 210)			1 670			2 320 ?		1 180		
Nbre de séances de collecte du berger (n x 1/2 heure)			3	4	3	2	3	2	2	1	20	
Nombre d'observations	2 211	243	140	246	149	112	113	123	170	51	1 104	

	Composition du pâturage en p.100		Composition du régime en p.100									Ensemble de la période
	Versant dunaire 96 p.100 de la surface	Bas fond-4 p.100 de la surface	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin		
GRAMINEES	54	58	36	34	31	32	33	33	42	23	33	
Andropogon pseudapricus	13	8	2	7	3	1	6	2	9		4	
Aristida stipoides										+		
Ctenium elegans	4		4	6	6	2	7	8	5		5	
Diheteropogon hagerupii	+	+										
Brachiaria sp		13										
Cenchrus biflorus	+		1	+	1		1		4	1	1	
Cenchrus prieurii	3	2			1	2	1	2	2	2	1	
Digitaria sp	2	2										
Pennisetum pedicellatum	+	15	+	1	+			3	1	+	+	
Aristida mutabilis	+	+	2		1					1	+	
Elionorus elegans	14	12	13	12	7	20	10	10	14	10	12	
Eragrostis tremula	2	4			1						+	
Schoenefeldia gracilis	9	2	11	3	4	2	8	6	5	4	5	
Sporobolus sp	+		+		+							
Tragus sp	5			2	6	4		+	2	2	2	
Indéterminées	+		1	3	+	+		1	+	2	1	
PAPILIONACEES	2	20	19	16	15	28	15	6	9	12	15	
Alysicarpus ovalifolius	2	4	7	3	1	8	7	1	4	4	4	
Crotalaria sp		1	4	2		2		+		+	1	
Indigofera sp		+	1	+	+	+	+	+		1	+	
Zornia glochidiata	+	14	7	10	14	17	8	4	5	7	9	
AUTRES FAMILLES HERBACEES	44	22	43	50	50	36	50	58	49	56	49	
Blepharis linariifolia	+			+				16	14		4	
Merremia sp	+		+	1	+			+		2	+	
Spermacoce stachydea	32	16	38	45	40	32	44	38	35	52	41	
Urginea indica												
Volubiles diverses	2	2	1		+	+	5	2		1	1	
Cassia mimosoides			1		+	2		+			+	
Cassia obtusifolia		3										
Corchorus tridens										+		
Fimbristylis hispidula	7	+		+	4	1					1	
Polycarpea linearifolia	1			1	2		1			+	+	
Divers	+		2	2	2	+	+	+			1	
LIGNEUX	Voir annexe		2		4	4	2	3		9	3	
Combretum glutinosum					+					3	+	
Combretum micranthum			+		1						+	
Combretum nigricans												
Ferethia apodanthera			+		+							
Grewia bicolor												
Guiera senegalensis					+	4	2	3		5	2	
Epineux			+		+					1	+	
Divers					1		+				+	
BIOMASSE en kg MS/ha	1 440	(2 030)	1 440		1 420			750		850	4	
Nbre de séances de collecte du berger (n x 1/2 heure)			3	3	3	3	3	3	2	5	25	
Nombre d'observations	1 304	413	137	241	255	136	133	141	103	190	1 336	

	Composition du pâturage en p.100		Composition du régime en p.100								
	Versant dunaire 96 p.100 de la surface	Bas fond-4 p.100 de la surface	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Ensemble de la période
GRAMINEES	40	57	32	36	18	6	18	9	40	0	18
Andropogon pseudapricus	6	6	7	6	2		5	1	4		3
Aristida stipoides											
Ctenium elegans	6		5	5	2	1		+	4		2
Diheteropogon hagerupii					+				+		
Brachiaria sp	2	9	2								+
Cenchrus biflorus	4		1	5	2				6		2
Cenchrus prieurii	5	1	3	1	+				3		1
Digitaria sp	1	3		4	4	+	3	1	6		2
Pennisetum pedicellatum	1	2	1	+					3		+
Aristida mutabilis	1	2		2	+	+					+
Elionorus elegans	13	23	7	10	6	4	10	4	12		7
Eragrostis tremula	+	5		+							
Schoenefeldia gracilis	+	5	6	2	+			2	1		1
Sporobolus sp	+	+									
Tragus sp						+					
PAPILIONACEES	22	17	33	24	42	26	33	43	24	51	35
Alysicarpus ovalifolius	3	2	10	4	1	8	10	3	+	3	5
Crotalaria sp	1	5	3	3	1		2				1
Indigofera sp	+	1	+	1	+	2	1	+			+
Zornia glochidiata	18	9	20	16	39	16	20	39	24	48	28
AUTRES FAMILLES HERBACEES	38	26	35	40	38	56	43	38	35	26	40
Blepharis linariifolia	+			0	1	1		2			+
Merremia sp	1	+		+	4	8	9	1	2	2	3
Spermacoce stachydea	31	19	28	34	31	42	28	30	30	20	31
Urginea indica						+	1	+			+
Volubiles diverses	+	1	4	1	1	4	3	+			2
Cassia mimosoides	+								+		
Cassia obtusifolia											
Corchorus tridens	+	1									
Fimbristylis hispidula	5	4	3	4	1	1	2	4	2	4	3
Polycarpea linearifolia											
Divers											
LIGNEUX	Voir annexe				2	12	6	10	1	23	7
Combretum glutinosum					+	5	+	4	+	8	2
Combretum micranthum									+		
Combretum nigricans											
Ferethia apodanthera											
Grewia bicolor											
Guiera senegalensis					+	7	4	3		12	4
Epineux											
Divers							+	3		3	1
BIOMASSE en kg MS/ha	1 340	(2 120)	1 340		840			760		530	
Nbre de séances de collecte du berger (n x 1/2 heure)			2	3	3	3	3	4	2	3	23
Nombre d'observations	1 310	329	150	269	245	145	142	188	116	135	1 390

ANNEXE 12 :

Composition botanique (en p.100) du fourrage de Vindou Tiengoli disponible sur le parcours et ingéré au pâturage par les zébus les moutons et les chèvres dans la parcelle "2" du périmètre pastoral.

	Composition du pâturage en p.100	Composition du régime en p.100																	
		du 28 au 30 octobre 1982			du 27 au 29 janvier 1983			du 31 au 2 avril 1983			du 3 au 6 juin 1983			Moyenne saison sèche			du 20 au 22 août 1983		
		Z	M	C	Z	M	C	Z	M	C	Z	M	C	Z	M	C	Z	M	C
GRAMINEES	89	81	39	6	91	47	2	84	40	5	71	39	23	82	40	9	72	55	54
Aristida longiflora	6	3			6	+		8	1		3	1		5	1		4		
Aristida stipoïdes	1										1	1		1					
Brachiaria xantholeuca	6			+		+		1	+	1	2	1		2	+	+	1		
Cenchrus biflorus	3	12	6	2	11	1		6	4	1	5	4	1	9	4	1	14	15	13
Cenchrus pteruri	+	3	+		2	1		1	+	1	1	1		2	+				
Dactyloctenium aegyptium	21	10	3	1	9	8		10	8	2	11	5	3	8	6	2	8		
Digitaria horizontalis	2				7	8	+	6	6		9	7	5	5	5	1			
Aristida mutabilis	46	24	11		21	10	+	17	7	1	22	10	8	21	9	2	17	2	
Eragrostis tremula	1	18	16	3	15	7	+	24	10		7	6	2	16	10	1	2	+	
Schoenefeldia gracilis	1	11	3		11	4	+	11	2		8	3	2	10	3	1	2		
Tragus berterorianus	2													1					
Diverses - Indéterminées													1			+	24	39	36
LEGUMINEUSES	2	3	19	16	+	11	4	2	9	4	2	5	1	2	11	6	0	0	
Alysicarpus ovalifolius	1	1	+	2		+					+	+		+		+			
Indigofera aspera	+																		
Indigofera diphylla		2	18	11		5	4	2	6	2	+	3		1	8	5			
Zornia glochidiata	1	+	+	3	+	6		1	3	2	1	2	+	+	3	1			
AUTRES HERBACEES	9	4	27	28	1	14	17	1	13	6	4	6	1	2	15	13	15	41	12
Merremia tridentata	2	3	13	17		5	9		6	4	2	2	+	1	6	8			
Autres volubiles			2	2		3	6		4	2		+			2	2	+	3	
Amaranthus graecizans	1																		
Cassia italica												2				+			
Cassia obtusifolia			11	6		4						+			1	2			
Kokautia grandiflora	1																		
Polycarpea linariifolia	5																		
Diverses		1	1	2	+	2	2	1	3		2	1	+	1	2	1	15*	37*	12*
LIGNEUX	Voir annexe	12	15	50	8	33	77	12	38	85	23	50	75	14	34	72	13	3	3-
Combretum aculeatum							1			1		+	+			+			
Combretum glutinosum																			
Guiera senegalensis			1	1	3	3	5	5	8	11	6	3	6	4	4	6	6		
Acacia raddiana				2			3									1			
Acacia senegal				6		1	1			8		1	5		1	5			
Acacia seyal				2		2	8			2		+	1		1	3			
Balanites aegyptiaca			3	11		12	31		14	33	1	8	18		9	26			
Ziziphus mauritiana									1	1			1		+	+			
Ziziphus mucronata																			
Adansonia digitata		5	2	4		+	1						+	1	1				
Bauhinia rufescens				1			2			1						1			
Boscia senegalensis		4	3	7	3	5	4	4	3	3	7	7	5	5	5	5	5		
Cadaba farinosa			1										+	1					
Calotropis procera		2	5	9	2	5	13	1	4	6	+	2	6		4	8			
Commiphora africana																			
Dalbergia metanoxylon				1												+			
Feretia apodanthera				1						1						+			
Grevia bicolor				3		4	7			1		1	3		1	4			
Leptadenia hastata												9	7		2	2			
Sclerocarya birrea		1		2	+	+	1	2	8	17	9	18	23	3	6	10	2		
Sterculia setigera																			
Stereospermum kunthianum																			

(1) d'après les observations de S. KLUG (1982 - Communication personnelle) sur 25 placeaux de 1 m² répartis sur 1 hectare suivant l'échelle mixte d'abondance-dominance de BRAUN-BLANQUET. Nous avons converti ces observations en contributions spécifiques, en calculant pour chaque espèce le taux de recouvrement du sol en pourcentage du recouvrement total par le tapis herbacé;

(2)

Z = zébus
M = moutons
C = chèvres.

ANNEXE 13 :

Précision de l'estimation de la contribution spécifique de l'espèce dominante dans le régime des bovins et des ovins à Doli en fonction du nombre de séances de collecte du berger et du nombre total d'identifications (d'après DIENG 1986)

		B O V I N S						O V I N S													
Zone rouge	Espèces dominantes dans le régime	Zornia glochidiata						Zornia glochidiata													
	Nombre de séances	2	5	9	10	13	15	3	6	10	12	15	17	18	19						
	n	62	132	278	294	423	479	53	115	202	246	325	370	388	397						
	N	108	273	<u>588</u>	583	876	990	105	267	<u>493</u>	578	818	931	960	995						
	(n/N) 100	57	48	52	50	48	48	50	43	41	43	40	40	40	40						
P	19,5	6,0	4,3	4,1	3,4	3,6	19,8	6,0	4,4	4,1	3,4	3,2	3,2	3,1							
Zone blanche	Espèces dominantes	Borreria stachyden						Borreria stachyden													
	Nombre de séances	2	5	8	11	14	18	20	23	3	6	9	12	15	17	19	21	286	30		
	n	42	134	211	273	313	371	399	665	44	122	200	278	331	363	411	447	483	534		
	N	151	<u>396</u>	665	810	952	1140	1256	1391	111	242	<u>441</u>	576	687	768	889	954	1143	1351		
	(n/N) 100	28	34	32	34	33	33	32	48	40	50	45	48	48	46	47	42	40			
P	17,3	4,8	3,6	3,3	3,0	2,8	2,6	2,7	19,3	6,4	4,7	4,1	3,8	3,6	3,3	3,2	2,9	2,7			
Zone verte	Espèces dominantes	Borreria stachyden						Borreria stachyden													
	Nombre de séances	3	6	9	12	15	18	20	25	3	6	9	12	15	17	19	22	26	28		
	n	51	160	262	306	364	418	454	552	59	161	233	401	452	481	508	563	610	631		
	N	137	<u>392</u>	633	769	902	1043	1146	1336	119	280	<u>514</u>	612	774	815	906	1018	1083	1267		
	(n/N) 100	37	41	41	40	40	40	40	41	50	57	65	65	62	59	56	55	56	50		
P	18,2	5,0	3,5	3,5	3,3	3,0	2,9	2,7	19,2	5,9	4,2	3,8	3,6	3,4	3,3	3,1	3,0	2,8			
Zone jaune	Espèces dominantes	Borreria atachyden						Borreria stachyden													
	Nombre de séances	3	7	10	12	15	17	19	3	6	11	12	15	20	22	27	31	33	35	37	40
	n	36	106	182	221	264	300	342	55	196	292	302	367	474	518	649	739	783	808	826	833
	N	140	<u>386</u>	535	647	760	883	1053	115	373	<u>487</u>	518	616	740	934	1120	1323	1446	1499	1908	1844
	(n/N) 100	26	27	34	34	35	34	32	48	53	60	58	60	64	55	57	56	54	54	52	50
P	17,4	4,5	4,1	3,7	3,4	3,2	2,9	19,3	5,2	4,4	4,3	3,9	3,5	3,2	2,9	2,7	2,6	2,6	2,5	2,4	

n : nombre d'identifications de l'espèce dominante

N : nombre total d'identifications

ANNEXE 14 :

Précision de l'estimation de la contribution spécifique de l'espèce dominante dans le régime des bovins, des ovins et des caprins à Vindou Tiengoli en fonction du nombre de séances de collectes du berger et du nombre total d'identification (d'après DIENG - 1986)

		BOVINS				OVINS					CAPRINS								
Espèces dominantes dans le régime		Aristida mutabilis				Indigofera sp					Balanites aegyptiaca								
Nombre de séances		1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5				
Octobre 82	n	13	23	33	45	17	13	18	25	44	3	4	6	17	20				
	N	45	20	142	202	38	62	110	160	238	55	80	102	145	176				
	(n/N) %	29	25	25	24	26	21	17	16	18	5	5	6	12	11				
	P	13,5	10,2	7,3	6,0	14,3	10,3	7,2	5,7	5,0	6,7	4,9	5,3	5,3	4,8				
Espèces dominantes		Aristida mutabilis				Aristida mutabilis					Balanites aegyptiaca								
Nombre de séances		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	
Janvier 83	n	9	21	42	60	67	79	7	13	13	21	25	22	31	42	51	61	68	
	N	52	205	269	272	329	381	58	97	137	214	255	62	79	123	146	203	219	
	(n/N) %	17	10	20	22	20	21	12	13	9	17	10	35	39	34	35	30	31	
	P	10,5	7,3	5,5	6,0	6,4	4,1	8,6	6,9	5,0	6,07	3,8	12,1	11,0	8,5	7,9	6,4	6,2	
Espèces dominantes		Aristida mutabilis				Eragrostis tremula					Balanites aegyptiaca								
Nombre de séances		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Mars - Avril 83	n	5	16	34	50	57	72	7	9	9	24	34	41	15	23	42	66	71	79
	N	59	98	308	290	353	420	86	125	193	317	350	405	38	85	254	217	339	268
	(n/N) %	8	16	16	17	16	17	8	7	5	7	10	10	39	27	17	30	30	30
	P	7,2	7,5	5,2	6,4	6,0	3,7	5,9	4,6	3,64	3,3	3,1	7,5	15,5	9,6	7,2	6,2	5,9	5,6
Espèces dominantes		Aristida mutabilis				Sclerocarya birrea					Sclerocarya birrea								
Nombre de séances		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Juin 83	n	21	41	49	63	103	126	15	27	42	59	74	83	17	27	45	63	79	94
	N	78	144	239	337	470	560	60	110	170	255	355	454	51	91	151	230	313	412
	(n/N) %	100	10,0	7,5	5,2	4,7	3,9	11,5	7,7	6,6	5,3	4,3	3,6	13,2	9,6	7,4	6,0	4,8	4,1

n : nombre d'identifications de l'espèce dominante

N : nombre total d'identifications

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Acosta R.A., Kothmann M.M., 1978, Chemical composition of esophageal-fistula forage samples as influenced by drying method and salivary leaching, *J. Anim. Sci.*, vol.47; n° 3; p.691-697
- Adegbola A., Paladines O., 1977, Prediction of the digestibility of the dry matter of tropical forages from their solubility in fungal cellulase solutions, *J. Sci. Fd Agric.*, vol.28; p.775-785
- AFNOR, 1977-1981, Association Française de Normalisation aliments des animaux : méthodes d'analyses
- Aii T., Stobbs T.H., 1980, Solubility of the protein of tropical pasture species and the rate of its digestion in the rumen, *Anim. Feed Sci. Technol.*, vol.5; p.183-192
- Arnold G.W., Dudzinski M.L., 1967, Comparison of faecal nitrogen regressions and in vitro estimates of diet digestibility for estimating the consumption of herbage by grazing animals, *J. Agric. Sci. Camb.*, vol.68; p.213-219
- Aubreville A., 1949, Climats, forêts et désertification de l'Afrique tropicale, Paris ; Soc. Ed. géogr. marit. colon.; 351 p.
- Aufrère J., 1982, Etude de la prévision de la digestibilité des fourrages par une méthode enzymatique, *Annls Zootech.*, vol.31; n° 2; p.111-130
- Balent G., 1986, Modélisation de l'évolution des surfaces pastorales dans les pyrénées centrales. Mise au point d'un référentiel micro-régional de diagnostic au niveau de la parcelle, *Cah. Rech. Dév.*, vol.9-10; p.92-99
- Balent G., Gibon A., 1986, Mesure de l'ingestion des ovins et des bovins au pâturage hors domaine expérimental dans les pyrénées centrales, *Cah. Rech. Dév.*, vol.9-10; p.84-91
- Barral H., 1974, Mobilité et cloisonnement chez les éleveurs du Nord de la Haute-Volta, *Cah. ORSTOM ; Ser. Sci. Hum.*, vol.11 ; n° 2 ; p.127-135
- Barral H., 1982, Le Ferlo des forages : gestion ancienne et actuelle de l'espace pastoral, Dakar; ORSTOM; 85 p.
- Barral H., 1983, La population et la gestion de l'espace, in Barral et al 1983, p.113-122
- Barral H., De Wispelaere G., 1983, Les ressources en eau, in Barral et al 1983, p.9-19

- Barral M., Bénéfice E., Boudet G., Denis J.P., De Wispelaere G., Diaite I., Diaw O.T., Dieye Kh., Doutre M.P., Meyer J.F. Noel J., Parent G., Piot J., Planchenault D., Santoir C. Valentin C., Valenza J., Vassiliades G., 1983, Systèmes de production d'élevage au Sénégal dans la région du Ferlo : synthèse de fin d'études d'une équipe de recherches pluridisciplinaires. ACC. GRIZA (LAT.) Lutte contre l'aridité en milieu tropical, Maisons-Alfort; IEMVT; 172 p.
- Barth K.M., Chandler J.E., Fryer M.E., Wang H.C., 1970, Effects of saliva and drying temperature on composition and digestibility of forage samples collected through esophageal fistulas, J. Anim. Sci., vol.31; p.794-798
- Barth K.M., Kazzal N.T., 1972, Separation of true selective grazing by cattle from effects of the esophageal fistula, J. Anim. Sci., vol.33; n° 5; p.1124-1128
- Béchet G., 1979, Les méthodes indirectes d'estimation de la valeur alimentaire de l'herbe paturée, INRA; Pâturages d'altitude et parcours méditerranéens (annexe), Paris ; publ. INRA ; p.566-568
- Benjamin R.W., Chen M. Degen A.A., Abdul Aziz N., Al Hadad M.J., 1977, Estimation of the dry- and organic-matter intake of young sheep grazing a dry mediterranean pasture, and their maintenance requirements, J. agric. Sci., Camb., vol.88; p.513-520
- Bergigier P., 1983, Effet du climat tropical humide sur la consommation d'aliment et d'eau et sur la vitesse de croissance de taurillons Créoles en Guadeloupe, Annls Zootech., vol.32; n° 1; p.93-108
- Bhattacharya A.N., Hussain F., 1974, Intake and utilization of nutrients in sheep fed different levels of roughage under heat stress, J. Anim. Sci., vol.38; n° 4; p.877-886
- Bille J.C., 1977, Etude de la production primaire nette d'un écosystème sahélien, Trav. et doc. ORSTOM n° 65, Paris; ORSTOM; 82 p.; graph.:29
- Birrell H.A., 1980, Comparing estimates of herbage digestibility from faecal nitrogen and in vitro determinations, Anim. Prod., vol.31; p.57-62
- Blain D., 1983, Etude d'une station de réélevage au Sénégal : le ranch de Doli, Thèse Docteur Vétérinaire, Toulouse, 189 p.
- Blancou J., Calvet H., Friot D., Valenza J., 1977, Composition du pâturage naturel consommé par les bovins en milieu tropical : note sur une technique d'étude nouvelle, Colloque international : recherches sur l'élevage bovin en zone tropicale humide; Bouaké ; 18-22/4/77, Côte d'Ivoire; Min. Rech. Scient.; p.273-282

- Boelcke C. 1981, Systematic Reconnaissance Flight data analysis in rainy season, October 1980. Consultant's report for the global environment monitoring system, UNEP/FAO
- Bogdan A.V., 1977, Tropical pasture and fodder plants : grass and legumes, London; Longman; 475 p.
- Boudet G., 1975, Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères, Manuels et précis d'élevage n° 4, Maisons-Alfort; IEMVT; 265 p.
- Boudet G., 1983, Systèmes de production d'élevage au Sénégal. Etude du couvert herbacé : Compte-rendu de fin d'études. ACC-GRIZA (LAT), Maisons-Alfort; IEMVT; 27 p.
- Boudet G., 1984a, Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères, 4^{ème} ed.; Maisons-Alfort; IEMVT; 266 p.
- Boudet G., 1984b, L'exploitation des parcours et la conduite des troupeaux dans les systèmes d'élevage, Cah. Rech. Dév., 3-4 : p.97-101
- Boudet G., Dieye Kh., Valenza J., 1983, L'évolution du couvert herbacé, in Barral et al 1983,
- Bourbouze A., 1980, Utilisation d'un parcours forestier pâturé par des caprins, Fourrages, vol.82; p.121-144
- Bourbouze A., 1986, Définition d'une méthode d'analyse de l'occupation d'un espace pastoral : exemple du Haut-Atlas, Cah. Rech. Dév., vol.9-10; p.51-59
- Bouttier-Winckler B., Bourbouze A., de Simiane M., 1982, Composition botanique et valeur alimentaire de la ration ingérée par des chèvres laitières sur parcours dans la Drome. Compte rendu d'étude, Paris; ITOVIC; 32 p.
- Breman H., Diallo A., Traore G., Djiteye M., 1978, The ecology of the annual migrations of cattle in the Sahel, Proceedings of the First International Rangeland Congress, 1. Denver-Colorado (USA); p.592-595
- Breman, H., Cisse, A.M., Cisse, I.B., Diallo, A., Djiteye, M.A., Elberse, W.Th., Heemst, H.D.T. Van, Keulen, H. Van, Kone, D. Krul, J.M., Penning de Vries, F.W.T., Pol, F. Van der, Ridder, N. de, Spitters, C.J.T., Stroosnijder, L., Traoré, G., Traoré, K., Wit, C.T., 1982, La productivité des pâturages sahéliens. Une étude des sols, des végétations et de l'exploitation de cette ressource naturelle, (ed. Penning de Vries, F.W.T.; Djiteye, M.A.), Wageningen, 525 p.

- Bruckental I., Halevi A., Amir S., Neumark H., Kennit H., Schroeder, 1985, The ratio of naturally occurring ^{13}C and ^{12}C isotopes in sheep diet and faeces as a measurement for diet direct determination of lucerne hay and maize grain digestibilities in mixed diets, Bet Dagan (ISR); Institute of Animal Science; 14 p.
- Butterworth M.H., 1985, Beef cattle nutrition and tropical pastures, London; Longman; 500 p.
- Calvet H., Valenza J., 1963 à 1968, Rapports de fonctionnement du Service Agrostologie-Nutrition, LNERV-IEMVT, Dakar-Hann
- Calvet H., Valenza J., Boudergues R., Diallo S., Friot D., Chambron J., 1974, La paille de riz dans l'alimentation au Sénégal, Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop., vol. 27 ; n° 2 ; p. 207-221
- Campbell C.M., Eng K.S., Nelson A.B., Pope L.S., 1968, Use of the esophageal fistula in diet sampling with beef cattle, J. Anim. Sci., vol. 27; p. 231-233
- Chacon E.A., Stobbs T.H., Dale M.B., 1978, Influence of sward characteristics on grazing behaviour and growth of hereford steers grazing tropical grass pastures, Aust. J. Agric. Res., vol. 29; p. 89-102
- Chapuis J.L., 1979, Le régime alimentaire du lapin de garenne, *Oryctolagus cuniculus* dans deux habitats contrastés : une lande bretonne et un domaine de l'Ile de France, Thèse 3^{ème} cycle; Univ. Rennes ; 210 p.
- Charray J., Coulomb J., Planchenault D., Pugliese P.L., 1980, Les petits ruminants d'Afrique centrale et d'Afrique de l'ouest : synthèse des connaissances actuelles, Maisons-Alfort; IEMVT; 317 p.
- Chenost M., 1973, La valeur alimentaire de quatre graminées et d'une légumineuse tropicale et ses facteurs de variation, Fourrages, vol. 54 ; p. 87-108
- Chenost M., 1985, Estimation de la digestibilité de l'herbe ingérée au pâturage à partir de l'azote fécal et de quelques autres paramètres fécaux, Annls Zootech., vol. 34; n° 2; p. 205-228
- Chenost M., 1986, Aspects méthodologiques de la prévision de la digestibilité de l'herbe pâturée par le mouton, les bovins et le cheval à partir de bols de l'oesophage et de diverses caractéristiques fécales, Annls Zootech., vol. 35 ; n° 1 ; p. 1-20
- Chenost M., Demarquilly C., 1982, Measurement of herbage intake by housed animals, Herbage intake handbook, British grassland Society; p. 95-112
- Chenost M., Martin-Rosset W., 1985, Comparaison entre espèces (mouton, cheval, bovin) de la digestibilité et des quantités ingérées des fourrages verts, Annls Zootech., vol. 34; n° 3; p. 291-312

- Cisse M.I., 1980, Production fourragère de quelques arbres sahéliens :
1. Relation entre la biomasse foliaire maximale et divers paramètres physiques. 2. Effet de divers régimes d'effeuillage sur la production foliaire de quelques buissons fourragers de la zone soudano-sahélienne, in Le Houerou H.N. ed., Colloque international sur les fourrages ligneux en Afrique.; Addis Abéba (ETH); 08-12/8/80, CIPEA, p.203-208 et 209-212
- Cisse M.I., 1981, Variations saisonnières de biomasse foliaire chez quelques ligneux fourragers sahéliens, Document de programme n° AZ 72., CIPEA. Programme des Zones Arides et Semi-arides.; Bamako (MALI), 26 p.
- Cisse N.M., 1985, Carences en minéraux : exploitation des résultats acquis pour l'ébauche d'une cartographie des carences minérales au Sénégal, Mémoire de confirmation, ISRA ; Dakar ; 189 p.
- Clanet J., 1985, Axes de migration et centres de regroupement des sahéliens (saison sèche 1984-1985) in: Elevage et potentialités pastorales sahéliennes. Synthèses cartographiques : Tchad, Maisons-Alfort; IEMVT-CTA; 28 p. 1 carte
- Cook C.W., 1964, Symposium on nutrition of forages and pastures : collecting forage samples representative of ingested material of grazing animals for nutritional studies, J. Anim., Sci., vol.23; p.265-270
- Cordova F.J., Wallace J.D., Pieper R.D., 1978, Forage intake by grazing livestock : a review, J. Range Mgmt, vol.31; n° 6; p.430-438
- Cornet A., Poupon H., 1977, Description des facteurs du milieu et de la végétation dans cinq parcelles situées le long d'un gradient climatique en zone sahélienne au Sénégal, Bulletin de l'IFAN, Série A, vol.39; n° 2; p.261-302
- Daget P., Poissonet J., 1971, Une méthode d'analyse phytologique des prairies, Ann. Agron., vol.22; n° 1; p.5-41
- Dearden B.L., Pegau R.E., Hansen R.M., 1975, Precision of microhistological estimates of ruminant food habits, J. Wildl. Mgmt., vol.39; n° 2; p.402-407
- Demarquilly C., 1982, Influence des facteurs climatiques sur la composition et la valeur nutritive de l'herbe, Action du climat sur l'animal au pâturage. Theix 31 mars - 1^{er} avril 1982, Paris; INRA; p.49-63
- Demarquilly C., Boisseau J.M., 1976, Méthode de mesures de la valeur alimentaire des fourrages, Laboratoire des aliments, CRZV-INRA, Theix, 6 p. + fig.

- Demarquilly C., Jarrige R., 1981, Panorama des méthodes de prévision de la digestibilité et de la valeur énergétique des fourrages, in : Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants, Paris ; INRA Publ. ; 41-59
- Denis J.P., Thiongane A.I., 1973, Caractéristiques de la reproduction chez le zébu étudiées au centre de recherches zootechniques de Dahra, Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop., vol.26; n° 4; p.49a-60a
- Denis J.P., Thiongane A.I., 1975, Note sur les facteurs conduisant au choix d'une saison de monte au CRZ de Dahra (Sénégal), Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop., vol.28; n° 4; p.491-497
- Denis J.P., Thiongane A.I., 1978, Influence d'une alimentation intensive sur les performances de reproduction des femelles zébus Gobra au CRZ de Dahra, Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop., vol.31; n° 1; p.85-90
- Denis J.P., Valenza J., 1971, Extériorisation des potentialités génétiques du zébu Peulh sénégalais (Gobra), Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop., vol.24; n° 3; p.409-418
- Denis J.P., Valenza J., 1972, Etude de la mortalité bovine au Centre de Recherches Zootechniques de Dahra (Sénégal), Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop., vol.25; n° 3; p.445-454
- De Wispelaere G., 1980, Les photographies aériennes témoins de la dégradation du couvert ligneux dans un géosystème sahélien sénégalais. Influence de la proximité d'un forage, Cah. ORSTOM, Sér. Sci. Hum., vol.17; n° 3-4; p.155-166
- De Wispelaere G., Noel J., 1983, L'évolution du couvert végétal étudié par télédétection, in Barral et al 1983,
- Diagayété M., 1981, Untersuchungen zur Erweiterung der Kenntnisse über den Entterwert westafrikanischer Futterpflanzen, Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Agrarwissenschaften, Univ. Hohenheim (RFA), 135 p. + annexes
- Diallo S., Pugliese P.L., Calvet H., 1976, Nutrition des bovins tropicaux dans le cadre des élevages extensifs sahéliens : mesures de consommation et appréciation de la digestibilité et de la valeur alimentaire des fourrages. II. Note concernant les résultats d'une première série de "digestibilité in vivo" sur mouton, Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop., vol.29; n° 3; p.233-246
- Dicko M.S., 1980a, The contribution of browse to cattle fodder in the sedentary system of the "Office du Niger", in Le Houerou H.N. ed: Colloque international sur les fourrages ligneux en Afrique; Addis-Ababa (Ethiopie); 8-12/8/80, CIPEA; p.307-314

- Dicko M.S., 1980b, Les mesures de la production secondaire des pâturages : un exemple d'application dans l'étude d'un élevage du système extensif au Mali, CIPEA Programme des zones arides au Mali, 14 p.
- Dicko M.S., Sangare M., 1984, Le comportement alimentaire des ruminants domestiques en zone sahélienne, Second International Rangeland Congress; Adelaïde (AUS); 13-18/5/84, 8 p. + tab. et fig.
- Dieng A., 1986, Composition et productivité de la végétation herbacée et comportements alimentaire et pondéral des ruminants domestiques dans les parcours naturels du Ferlo. Rapport de stage, N° 01 al. Nut., Dakar; LNERV; 32 p.
- Doutressoulle G., 1947, L'Elevage en Afrique Occidentale Française, Paris; Larose; 298 p.
- Dulphy J.P., Remond B., Theriez M., 1979, Ingestive behaviour and related activities in ruminants, Proc. 5th Int. Symp. on Ruminant Physiology. Clermont Ferrand 3-7 sept. 1979, Digestive Physiology and Metabolism in ruminants; Ruchebusch-Thivend ed.; p.103-122
- Dumas R., Coulomb J., 1978, Les possibilités de la production de viande en Afrique Tropicale, Maisons-Alfort; IEMVT; 321 p.
- Duranton A., Bueno L., 1982, Un dispositif simple et fiable d'analyse des mouvements de mâchoires chez les petits ruminants, Annls Zootech., vol.31; n° 4; p.489-494
- Edlefsen J.L., Cook C.W., Blake J.T., 1960, Nutrient content of the diet as determined by hand plucked and esophageal fistula samples, J. Anim. Sci., vol.19; p.560-567
- Fahey G.C., Jung H.G., 1983, Lignin as a marker in digestion studies : a review, J. Anim. Sci., vol.57; n° 1; p.220-225
- Favre Y., 1978, Comportement des bovins et des ovins en alpage, Utilisation par les ruminants des pâturages d'altitude et parcours méditerranéens, X^{ème} Journées du Grenier de Theix; 1-3/6/78, Beaumont; INRA-CRZV; p.177-206
- Faye B., 1980, Prévision de la valeur alimentaire des fourrages tropicaux Mémoire de (DEA), Clermont Ferrand; Université de Clermont II; 60 p.
- Faye B., Grillet C., 1984, Etude de la carence en cuivre dans la région d'Awash (Ethiopie), Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop., vol.37; n° 1; p.42-60
- Fayolle A.F., Costiou P., Grange M., 1974, Valorisation du cheptel bovin en zone sylvopastorale de la République du Sénégal. Rapport d'enquêtes, Convention FAC n° 63/C/70/A, Dakar; LNERV; 126 p.; tabl.:1

- Foppe T.M., 1981, Determining animal diets on rangeland, Fort Collins (USA); Colorado State University, 6 p.
- Friot D., 1983, Résultats obtenus en digestibilité in vitro, Réf. n° 112/physio/83, Dakar-Hann; LNERV; 11 p.
- Friot d., Guerin H., Richard d., 1982, Valeur alimentaire des aliments disponible au Sénégal. Montage audiovisuel, Dakar-Hann; LNERV-IEMVT
- Gauthier-Pilters H., 1961, Observations sur l'écologie du dromadaire dans le Sahara nord-occidental, Mamalia, vol.25; n° 2; p.195-280
- Gibon A., 1981, Pratiques d'éleveurs et résultats d'élevage dans les pyrénées centrales, Th. Doct. Ing., INAPG; 106 p.
- Giger S., 1979, Some aspects of the assessment of plant cell-wall constituents by the Van Soest method, in focus, n° 5; p.6-7
- Gilibert J., 1984, Tables de valeurs alimentaires de certains aliments pour ruminants à la Réunion, EDE de la Réunion - INRA ; 33 p.
- Gillet M., 1961, Pâturages sahéliens. Le ranch de l'Ouadi-Rimé, J. Agric. Trop. Bot. Appl., vol.8; p.465-536 et 557-692
- Glattleider D.L., 1976, Valeur alimentaire de trois graminées et d'une légumineuse fourragères cultivées en Côte d'Ivoire, CRZ de Bouaké-Minan; 22 p.
- Goering M.K., Van Soest P.J., 1970, Forage fiber analysis, Agriculture Handbook - Agric. Res. Serv. US. Depart. of Agriculture, n° 379; 20 p.
- Gohl B., 1975, Tropical feeds, Rome; FAO; 661 p.
- Gohl B., 1982, Les aliments du bétail sous les tropiques, FAO ; 543 p.
- Goto I., Minson D.J., 1977, Prediction of the dry matter digestibility of tropical grasses using a pepsin-cellulase assay, Anim. Feed Sci. Technol., vol.2; p.247-253
- Greenhalgh J.F.D., Corbett J.L., 1960, The indirect estimation of the digestibility of pasture herbage : nitrogen and chromogen as faecal index substances, J. Agric. Sci., vol.55; p.371-376
- Grimes R.C., Watkin B.R., May P.F., 1965, The botanical and chemical analysis of herbage samples obtained from sheep fitted with esophageal fistulae, J. Brit. Grassl. Soc., vol.20; p.168-173
- Grimes R.C., Watkin B.R., Gallagher J.R., 1966, An evaluation of pasture quality with young grazing sheep. II. Chemical composition, botanical composition and in vitro digestibility of herbage selected by oesophageal-fistulated sheep, J. Agric. Sci., vol.66; p.113-119

- Grouzis M., 1979, Structure, composition floristique et dynamique de la production de matière sèche de formations végétales sahéliennes (Mare d'Oursi Haute Volta). ACC lutte contre d'aridité dans l'Oudalan, ORSTOM; 4 p.
- Grouzis M., 1982, Méthodes d'étude des pâturages naturels, Ouagadougou; ORSTOM; 28 p.
- Grouzis M., 1984, Pâturages sahéliens du Nord du Burkina Faso : capacité de charge, production fréquentielle et dynamique de la qualité fourragère, ORSTOM; 31 p.
- Guerin H., 1980, Interactions digestives entre les fourrages et les aliments concentrés. Conséquences pour la prévision de la valeur alimentaire des rations distribuées à des ruminants, Mémoire de DEA, Clermont-Ferrand; Université de Clermont II; 89 p.
- Guerin H., Friot D., Mbaye Nd., Fall S.T., Richard D., 1987, L'ingestion des fourrages des parcours naturels en zone sahélienne : mesures en stabulation et au pâturage., Reprod. Nutr. Dév., vol.27 ; n° 1B ; p.197-198
- Guerin H., Richard D., Friot D., Mbaye Nd., 1985, The dietary preferences of domestic ruminants (cattle, sheep and goats) on sahelian pastures their factors of variation and their consequences, Proceed. International Conference on Animal Production in Arid Zones; Damas; 7-12/9/85 (sans presse)
- Guerin H., Richard D., Friot D., Mbaye Nd., 1986a, Les choix alimentaires des bovins et ovins sur pâturages sahéliens. Journées des recherches sur l'alimentation et la nutrition des herbivores domestiques, Reprod. Nutr. Dév., vol.26; n° 1B; p.269-270
- Guerin H., Sall Ch., Friot D., Ahokpe B., Ndoeye A., 1986, Ebauche d'une méthodologie de diagnostic de l'alimentation des ruminants domestiques dans un système agropastoral : l'exemple de Thyssé-Kayemor-Sonkorong au Sénégal, Cah. Rech. Dév., vol.9-10; p.60-69
- Guichard I., Dollé V., 1986, Utilisation de l'espace pastoral par les caprins en zone aride et semi-aride du Vénézuéla : projet PIDZAR, Cah.Rech.Dév., vol.9-10 ; p.75-81
- Gupta P.C., Pradhan K., 1975, A note on the effect of silica on in vitro dry-matter digestibility of legume and non-legume forages, Ind. J. Anim. Sci., vol.45; n° 7; p.497-498
- Hansen R.M., Foppe T.M., Gilbert M.B., Clark R.C., Reynolds H.W., 1981, The microhistological analyses of feces as an estimator of herbivore dietary, Fort Collins (USA); Colorado State University

- Hansen R.M., Lucich G.C., 1981, Use of microhistology in dietary estimations : a bibliography, Fort Collins (USA); Colorado State University; 19 p.
- Heaney D.P., Pritchard G.I., Pigden W.J., 1968, Variability in ad libitum forage intakes by sheep, J. Anim. Sci., vol. 27 ; p. 628-631
- Heinis V., 1984, Etude de la composition minérale des pâturages naturels du Tchad, DEA de Nutrition - Paris VI, IEMVT; 83 p.
- Hiernaux P., 1980, L'inventaire du potentiel fourrager des arbres et arbustes d'une région du Sahel Malien. Méthodes et premiers résultats, in Le Houerou H.N. ed : Colloque international sur les fourrages ligneux en Afrique; Addis Abéba; 08-12/4/80, CIPEA; p. 195-202
- Hoehne O.E., Clanton D.C., Streeter C.L., 1967, Chemical changes in esophageal fistula samples caused by salivary contamination and sample preparation, J. Anim. Sci., vol. 26; p. 628-631
- Holechek J.L., Vavra M., Pieper R.D., 1982, Methods for determining the nutritive quality of range ruminant diets : a review, J. Anim. Sci., vol. 54; n° 2; p. 363-376
- Holloway J.W., Estell R.E., Butts W.T., 1981, Relationship between fecal components and forage consumption and digestibility, J. Anim. Sci., vol. 52; n° 4; p. 836-848
- IEMVT, 1979, Embouche de zébus arabes sur les polders du lac Tchad et sur les berges du Chari, Paris; Ministère Coopération; 179 p.
- INERM-CEMAGREF, 1983, Pastoralisme montagnard : recherches en briançonnais, Etude n° 188, 167 p.
- Ingleton J.W., 1971, Faeces collection in young male lambs and wether sheep, J. Br. Grassld Soc., vol. 26; p. 103-106
- INRA, 1978, Alimentation des Ruminants, INRA Publ. ; 596 p.
- INRA, 1981, Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants, INRA Publ.; 580 p.
- ISRA/FAO/UNEP, 1981-1984, Cartes de productivité des pâturages du nord Sénégal établies à partir du traitement des photographies satellites
- ISRA/FAO/UNEP, 1983, Atelier : Méthodes d'inventaire et de surveillance continue des écosystèmes pastoraux sahéliens - applications au développement - Dakar 16-17-18 novembre 1983,
- Jarrige R., 1963, Les constituants membranaires des plantes fourragères, Ann. Biol. Anim. Bioch. Bioph., vol. 3; n° 2; p. 143-190
- Jarrige R., 1965, La composition des fèces de mouton et ses relations avec la digestibilité des fourrages, Fourrages, vol. 22; p. 1-13

- Jensen E.H., Lesperance A.L., Bohman V.R., Ridley J.R., 1965, Pasture evaluation with fistulated cattle and conventional agronomic techniques, Proc. 9th Internat. Grassland Congress. Sao Paulo. Vol 2, p.1043-1049
- Jones D.I.H., Hayward M.V., 1975, The effect of pepsin pretreatment of herbage on the prediction of dry matter digestibility from solubility in fungal cellulase solutions, J. Sci. Fd. Agric., vol.26; p.711-718
- Jones R.J., Ludlow M.M., Troughton J.H., Blunt C.G., 1979, Estimation of the proportion of C3 and C4 plant species in the diet of animals from the ration of natural 12C and 13C isotopes in the faeces, J. Agric. Sci., Camb., vol.92; p.91-100
- Juarez Reyes A.S., 1986, Etude de la digestibilité des pâturages naturels sahéliens sénégalais par la méthode de la pepsine-cellulase, Thèse Doct. 3^{ème} cycle, Paris VI-IEMVT; 108 p.
- Kennedy W.K., Carter A.H., Lancaster R.J., 1959, Comparison of faecal pigments and faecal nitrogen as digestibility indicators in grazing cattle studies, N.Z. J. Agric. Res., vol.2; p.627-638
- Klein H.D., 1981, Contribution à l'estimation de la production sur pâturage sahélien au Niger, Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop., vol.34; n° 2; p.211-220
- Klug S., 1982, Inventaire et suivi (monitoring) de la végétation dans la parcelle d'élevage à Vindou-Tiengoli (Ferlo-Sénégal) : enquêtes effectuées dans le cadre du projet de l'Agence Allemande de Coopération Technique (GTZ) : reboisement des environs des forages au Nord Sénégal. Rapport final, 134 p.
- Kone A.R., 1984, Contribution à l'étude de la valeur nutritive des ligneux, DEA de Nutrition - Paris VI, IEMVT; 55 p.
- Kone A.R., 1987, Valeur nutritive des ligneux fourragers des régions sahéliennes et soudaniennes d'Afrique occidentale : recherche d'une méthode simple d'estimation de la digestibilité et de la valeur azotée, Thèse 3^{ème} cycle, Univ. Paris VI-IEMVT (en cours de publication)
- Langlands J.P., 1969, Studies on the nutritive value of the diet selected by grazing sheep. V. Further studies of the relationship between digestibility estimated in vitro from esophageal fistula samples and from faecal and dietary composition, Anim. Prod., vol.11; n° 3; p.379-387
- Langlands J.P., 1974, Studies on the nutritive value of the diet selected by grazing sheep. VII. A note on hand plucking as a technique for estimating dietary composition, Anim. Prod., vol.19; p.249-252

- Langlands J.P., 1975, Techniques for estimating nutrient intake and its utilization by the grazing ruminant, Digestion and metabolism in the ruminant. Proc. IV Int. Symp. on Ruminant Physiology. University of New England Publications Unit,
- Langlands J.P., Corbett J.L., Mac Donald I., 1963, The indirect estimation of the digestibility of pasture herbage. III. Regressions of digestibility on faecal nitrogen concentration : effect of species and individuality of animal and of the method of determining digestibility upon the relationships, J. Agric. Sci., vol. 61; p. 221-225
- Leclerc B., 1981, Une méthode d'étude du régime alimentaire d'ovins et de caprins dans le maquis corse : l'analyse coprologique, Nutrition et systèmes d'alimentation de la chèvre, Symposium international; Tours (FRA); 1981/05/12-15, Paris; ITOVIC-INRA; p. 506-514
- Lecrivain E., Meuret M., 1984, Protocole de suivi du comportement alimentaire et spatial d'animaux domestiques au pâturage, Avignon; INRA Unité d'Ecodéveloppement; 8 p.
- Lhoste P., Milleville P., 1986, La conduite des animaux : techniques et pratiques d'éleveurs, Méthodes pour la Recherche sur les systèmes d'élevage en Afrique Intertropicale ; M'bour (SEN) ; 1986/02/2-9 - ISRA, Etudes et synthèses de l'IEMVT n° 20; p. 247-268
- LNERV, 1980 - 1981 - 1982 - 1983 - 1984, Rapport annuel du Service d'Alimentation Nutrition, Dakar; ISRA; 52 p.; 84 p.; 48 p.; 32 p.; 23 p.
- Lucich G.C., Hansen R.M., 1981, Autumn mule deer foods on heavily grazed cattle ranges in northwestern Colorado, J. Range Mgmt, vol. 34; n° 1; p. 72-73
- Mandret G., 1987, Le régime alimentaire des ruminants domestiques (bovins-ovins-caprins) sur les pâturages naturels sahéliens et soudanosahéliens. III Caractères épidermiques des principales espèces végétales consommées au pâturage; constitution d'un atlas de référence, Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop. (en cours de publication)
- Mason V.L., 1969, Some observations on the distribution and origin of nitrogen in sheep faeces, J. agric. Sci., Camb., vol. 73 ; p. 99-111
- Mathieu J., 1981, Comportement des ovins sur prairies irriguées : nouvelle technique d'enregistrement de l'activité alimentaire, Diplôme d'Agronomie Approfondie, ENSA Montpellier; 63 p.
- Maydell H.J. von, 1983, Arbres et arbustes du Sahel : leurs caractéristiques et leurs utilisations, GTZ ed., n° 147, Eschborn (RFA); 531 p.

- McCracken J.G., Hansen R.M., 1981, Diets of domestic sheep and other large herbivores in Southcentral Colorado, J. Range Mgmt, vol.34; n° 3; p.242-243
- McIntyre G.A., 1978, Statistical aspects of vegetation sampling, Measurement of grassland vegetation and animal production, CAB, Bull n° 52, Farnham Royal; CAB; 260 p.
- McLeod M.N., 1973, The digestibility and the nitrogen, phosphorus and ash contents of the leaves of some Australian trees and shrubs, Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb., vol.13; p.245-250
- McManus W.R., Arnold G.W., Hamilton F.J., 1962, Improved techniques in esophageal fistulation of sheep, Aust. Vet. J.
- McManus W.R., Dudzinski M.L., Arnold G.W., 1967, Estimation of herbage intake from nitrogen, copper, magnesium and silicon concentrations in faeces, J. Agric. Sci. Camb., vol.69 ; p.263-268
- Meijs J.A.C., 1981, Herbage intake by grazing dairy cows. Agricultural Research Reports, Wageningen; CTA; 264 p.
- Menke K.-H., Raab L., Salewski A., Steingass H., Fritz D., Schneider W., 1979, The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro, J. Agric. Sci. Camb., vol.93; p.217-222
- Meuret M., 1983, La chèvre et le chêne blanc. Essais de quantification sur parcours forestier (Drôme - Ardèche) : des biomasses ligneuses et de leurs disponibilités ; de la consommation estivale par un troupeau de chèvres laitières, Mémoire Ing. Agron. - Univers. Libre de Bruxelles, 199 p.
- Meuret M., 1987, Feasability of in vivo digestibility trials with goats browsing fresh leafy branches. Communication au symposium CEE-Agrimed-CIHEAM-FAO : "The evolution of mediterranean sheep and goat", Fonte Boa (Santarem Portugal); 8 p., tab., fig.
- Meyer M., 1987, Etude des systèmes de production d'élevage au Sénégal. Volet zoo-économie. 1^{ère} année, ACC-GRIZA (LAT), IEMVT Maisons-Alfort, 28 p., 23 tab., fig
- Michalet-Doreau B., Xande A., 1979, Influence de la saison sur le comportement alimentaire des moutons recevant des fourrages verts en zone tropicale humide, Annls Zootech., vol.28; n° 4; p.381-392
- Milleville P., Combes J., Marchal J., 1982, Systèmes d'élevage sahéliens de l'Oudalan : Etude de cas. Projet de Développement de l'Elevage. ORD du Sahel, Ouagadougou; ORSTOM; 129 p.
- Milne J.A., 1977, A comparison of methods of predicting the in vivo digestibility of heather by sheep, J. Br. Grassld. Soc., vol.32; p.141-147

- Minson D.J., 1971, The digestibility and voluntary intake of six varieties of *Panicum*, *Austr. J. Exper. Agric. Anim. Husb.*, vol.11; p.18-25
- Minson D.J. ; Butler K.L.; Grummitt N. ; Law D.P., 1983, Bias when predicting crude protein, dry matter digestibility and voluntary intake of tropical grasses by near-infrared reflectance, *Animal Feed Science and Technology*, vol.9 ; p.221-237
- Minson D.J., Bray R.A., 1986, Voluntary intake and in vivo digestibility by sheep of five lines of *Cenchrus ciliaris* selected on the basis of preference rating, *Grass Forage Sci.*, vol.41; p.47-52
- Minson D.J., Kemp C.D., 1961, Studies on the digestibility of herbage. IX. Herbage and faecal nitrogen as indicators of herbage organic matter digestibility, *J. Brit. Grassland Soc.*, vol.16; p.76-79
- Minson D.J., Ludlow M.M., Troughton J.H., 1976, Differences in natural carbon isotope ratios of milk and hair from cattle grazing tropical and temperate pastures, *Nature*, vol.256; p.602
- Molenat G., Jarrige R., 1978, Utilisation par les ruminants des pâturages d'altitude et parcours méditerranéens, 10e journées du Grenier de Theix (1-2-3 juin 1978), INRA ; 565 p.
- Naegele A., 1971, Etude et amélioration de la zone pastorale du Nord-Sénégal, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, VII; 163 p.
- Ndiaye B., 1983, Productivité et valeur alimentaire d'un graminée fourragère (irriguée et fertilisée dans la région du Cap-Vert au Sénégal) : *Brachiaria mutica*, Mémoire de fin d'étude, ENSAA, Dijon, 99 p.
- Ndiaye C., 1982, Etude d'un graminée fourragère irriguée et fertilisée dans la région du Cap-Vert (Sénégal) : Productivité et valeur alimentaire de *Panicum maximum*, Mémoire de fin d'étude, ENSAA, Dijon, 72 p.
- Nolan T., Connolly J., 1977, Mixed stocking by sheep and steers - a review, *Herb. Abstr.*, vol.47; n° 11; p.367-374
- Nolan T., Connolly J., 1980, Proceedings : workshop on mixed grazing, Agricultural Institute (Ireland)-Agricultural Research Institute (Iceland) - Galway - September 1980, 210 p.
- Nolan T., Connolly J., 1985, Mixed animal species in range grazing and preservation, Ireland-Sénégal-France, Research and development programme, CEE, DGXII, 9 p.
- Osborn D.F., 1978, Principles governing the use of chemical methods or assessing the nutritive value of forages : a review, *Anim. Feed. Sci. Technol.*, vol.3; p.265-275

- Pelissier, 1980, Agriculture in : Atlas du Sénégal, Paris; Editions Jeune Afrique; p.30-35
- Petit M., 1969, Méthode d'observation de l'emploi du temps des troupeaux de vaches allaitantes au pâturage, Annls Zootech., vol.18; n° 2; p.221-226
- Phar P.A., Pradley N.W., Little C.O., Cundiff L.V., 1971, Nutrient digestibility using fecal collection apparatus and indicator method for steers fed ad libitum, J. Anim. Sci., vol.33; n° 3; p.695-697
- Piot J., Diaité I., 1983, L'évolution du couvert ligneux, in Barral et al 1983
- Piot J., Nebout J.P., Nanot R., Toutain B., 1980, Utilisation des ligneux sahéliens par les herbivores domestiques. Etude quantitative dans la zone Sud de la mare d'Oursi (Haute-volta), Paris; GERDAT; 213 p.
- Planchenault, Meyer J.F., Denis J.P., 1983, Le cheptel et ses potentialités, in Barral et al 1983
- Planton H., 1987, Le régime alimentaire des ruminants domestiques (bovins-ovins-caprins) sur les pâturages sahéliens et soudanosahéliens IV Essai de détermination de la composition botanique du régime par analyse microhistologique des épidermes présents dans des collectes du berger, des bols œsophagiens ou des fèces recueillis sur des bovins et des ovins, Rev.Elev.Med.Vet.Pays Trop. (en cours de publication)
- Playne M.J., 1978, Estimation of the digestibility of low quality bays by cattle from measurements made with sheep, Ovin feed, Sci. and Tech. 3; p.51-55
- Poissonet J., César J., 1972, Structure spécifique de la strate herbacée dans la savane à palmier rônier de Lamto (Côte d'Ivoire), Ann. Univ.Abidjan, série E (Ecologie), vol.V ; fasc.1 ; p. 576-601
- Poupon H., 1979, Etude de la phénologie de la strate ligneuse à Fété Olé (Sénégal septentrional) de 1971 à 1977, Bulletin de l'IFAN, T41 ; sér.A ; n° 1 ; p.44-85
- Poupon H., 1980, Structure et dynamique de la strate ligneuse d'une steppe sahélienne au nord du Sénégal, Travaux et Documentation ORSTOM n° 115, Paris; ORSTOM; 35 p.; tabl.:91; graph.:46
- Pugliese P.L., Diallo S., Calvet H., 1976, Nutrition des bovins tropicaux dans le cadre des élevages extensifs sahéliens : mesures de consommation et appréciation de la digestibilité et de la valeur alimentaire des fourrages. III. Comparaison de cinq méthodes d'appréciation de la digestibilité des aliments du bétail (fourrages secs), Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop., vol.29; n° 3; p.247-257

- Raynal J., 1963, Etude préliminaire de la végétation du ranch n°1 de Ndoli (Sénégal), Dakar, Rapp. ORSTOM; 19 p.
- Rexen B., 1977, Enzyme solubility : a method for evaluating the digestibility of alkaly-treated straw, Anim. Feed Sci. and Tech. 2; p.205-218
- Richard D., Friot D., Guerin H., Roberge G., 1987, L'ingestibilité des graminées fourragères cultivées en zone tropicale, Reprod.Nutr. Develop., vol.27 ; 1B ; p.195-196
- Richard D., Guerin H., Mbaye Nd., Friot D., Juarez A., Fall S.T., 1985, La composition chimique des régimes des ruminants sur pâturages sahéliens, 36e réunion annuelle de la Fédération Européenne de Zootechnie; Kallithea (GRC) ; 1985/09/30 ; 1985/10/3, vol.1 ; p.298-299 (résumé)
- Rivière R., 1978, Manuel d'alimentation des Ruminants domestiques en milieu tropical, Manuels et précis d'élevage IEMVT n° 9, 2^{eme} ed.; Paris; Ministère de la Coopération; 527 p.
- Roberge G., 1976, Résultats acquis sur la production fourragère en régions tropicales humides, IEMVT ; note de synthèse n° 6 ; 73 p.
- Roberge G., 1986, L'intensification fourragère et l'irrigation en milieu tropical sec, Maisons-Alfort ; IEMVT, (en cours de publication)
- Roberge G., Denis J.P., 1985, Pâturage direct d'une parcelle de cultures fourragères irriguées au Sénégal. Méthode de suivi et résultats, Rev. Elev.Méd.vét.Pays Trop., vol.38 ; n° 4 ; p.313-317
- Robertson J.B., Van Soest P.J., 1977, Dietary fiber estimation in concentrate feedstuffs, 69th meeting of the American Society of Animal Science, 69th meeting of the American Society of Animal Science; Madison (USA); 1977/07/23-27,
- Sall C., Guerin H., Ahokpe B., Friot D., 1987, Les variations saisonnières de la capacité d'ingestion des moutons en zone tropicale sèche, Reprod.Nutr.Develop., vol. 27 ; 1B ; p.203-204
- Sall C., Guillon L.M., Deme O., 1986, Programme pâturage mixte : rapport de travail du 2^{eme} semestre 1985, AFT-Irlande-ISRA-Sénégal-LNERV-Dakar, n° 130/alim : 10 p.
- Sansouci R., 1986, Manufacture of molasses-urea blocks, World Animal Review 57; p.205-218
- Santoir C., 1982, Contribution à l'étude de l'exploitation du cheptel. région du Ferlo Sénégal, Groupe de Recherches interdisciplinaire s sur les zones arides : "Systèmes de production d'élevage au Sénégal", ORSTOM ; Dakar ; 48 p.

- Scales G.H., Streeter C.L., Denham A.H., Ward G.M., 1974, Effect of mastication, salivary contamination and leaching on the chemical composition of forage samples collected via esophageal fistulae, *J. Anim. Sci.*, vol.38; n° 6; p.1278-1283
- Schneider B.H., Flatt W.P., 1975, The evaluation of feeds through digestibility experiments, Athens; University of Georgia Press; 264 p.
- Schwartz H.J., Saïd A.N., 1981, Dietary preferences of goats and nutritive value of forage on semiarid pastures in Northern Kenya, *Nutrition et Systèmes d'alimentation de la chèvre*, Symposium international; Tours (FRA); 12/15/5/1981, ITOVIC-INRA; p.514-524
- Schwartz H.J., Schultka W., Engelhardt W.V., Rutagwenda T., Schwartz M., 1985, Behavioural adaptation of indigenous sheep and goats to seasonal changes of forage supply on a semi-arid thornbush pasture in northern Kenya, *Proceed. Intern. Conference on animal production in arid zones*; Damas; 7-12/9/1985 (sans presse)
- Sharman M.J., 1982, Résultats du vol systématique de reconnaissance au Ferlo de juin 1982 - Projet pilote d'inventaire et de surveillance continue des écosystèmes pastoraux sahéliens, ISRA; FAO; PNUE; 25 p.
- Sharman M.J., Gning M., 1983, Comportement du cheptel au Ferlo - Résultats des suivis quotidiens, Atelier : méthodes d'inventaire et de surveillance continue des écosystèmes pastoraux sahéliens - Application au développement; ISRA; FAO; PNUE; Dakar (Sénégal); 16-18/11/1983
- Sidahmed A.E., Morris J.G., Weir W.C., Torell D.T., 1977, Effect of the length of fasting on intake, in vitro digestibility and chemical composition of forage samples collected by esophageal fistulated sheep, *J. Anim. Sci.*, vol.46; n° 4; p.885-890
- Soil Conservation Service, 1967, National Handbook for Range and related grazing lands, SCS-Range-7.67, U.S. Department of Agriculture; 77 p.
- Squires V.R., Siebert B.D., 1983, Botanical and chemical components of the diet and liveweight change in cattle on semi-desert rangeland in Central Australia, *Aust. Rangel. J.*, vol.5; n° 1; p.28-34
- Stobbs T.H., 1973a, The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. I. Variation in the bite size of grazing cattle, *Aust. J. Agric. Res.*, vol.24; p.809-819

- Stobbs T.H., 1973b, The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. II. Differences in sward structure, nutritive value and bite size of animals grazing *Setaria anceps* and *Chloris gayana* at various stages of growth, Aust. J. Agric. Res., vol.24; p.821-829
- Streeter C.L., 1969, A review of techniques used to estimate the in vivo digestibility of grazed forage, J. Anim. Sci., vol.29; n° 5; p.757-767
- Tayler J.C., Deriaz R.E., 1963, The use of rumen-fistulated steers in the direct determination of nutritive value of ingested herbage in grazing experiments, J. Brit. Grassld. Soc., vol.18; p.29-38
- Terry R.A., Mundell D.C., Osbourn D.F., 1978, Comparison of two in vitro procedures using rumen liquor-pepsin or pepsin cellulase for prediction of forage digestibility, J. Brit. Grassl. Soc., vol.33; p.13-18
- Theriez M., Brun J.P., Molenat G., 1981, Estimation de la quantité d'herbe ingérée au pâturage par les brebis à partir des performances du troupeau, INRA; CRZV de Theix, 4^{ème} groupe de travail européen sur le pâturage; Beaumont; 14-18/9/1981,
- Theurer C.B., Lesperance A.L., Wallace J.D., 1976, Botanical composition of the diet of livestock grazing native ranges, Technical Bulletin 233, Agricultural Experiment Station - a review University of Arizona; 18 p.
- Tilley J.M.A., Terry R.A., 1963, A two stage technic for the in vitro digestion of forage crops., J.Br.Grassld Soc., vol.18 ; p.104-111
- Tiquet J., P.B., 1981, Collection de 893 photographies originales de quelques espèces ligneuses du Burkina-Faso
- Tissier M., Béchet G., Molenat G., 1975, Appareils de collecte totale des fécès pour agneaux en allaitement ou à l'engrais et pour brebis, Annls Zootech., vol.24; n° 3; p.595-602
- Toutain B., Lhoste P., 1978, Essai d'estimation du coefficient d'utilisation de la biomasse herbacée par le bétail dans un périmètre sahélien, Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop., vol.31; n° 1; p.95-101
- Traoré G., 1978, Evolution de la disponibilité et de la qualité de fourrage au cours de la transhumance de Diafarabé (Mali), Thèse Docteur de Spécialité en Biologie (option : écologie), Bamako; Ecole Normale Supérieure; 87 p.
- Tsiresy R.V., 1980, Comportement alimentaire de la brebis sur parcours de garrigue, Th. Doct. 3^{ème} cycle, Montpellier; ENSA; 58 p.
- Valentin C., 1983, Les ressources en sol, in Barral et al 1983

- Valenza J., 1984, Surveillance continue des pâturages naturels sahéliens : résultats de 10 années d'observation, Réf. n° 44/agrosto, Dakar; LNERV; 53 p., tab. et fig.
- Valenza J., Diallo A.K., 1970, Etude des pâturages de Dolli (Sénégal), Dakar-Hann LNERV et Maisons-Alfort IEMVT; 20 P.
- Valenza J., Diallo A.K., 1972, Etude des pâturages naturels du Nord du Sénégal, Maisons-Alfort; IEMVT; 311 p.; ill.:11; cart.:1 au 1:200000; tabl.:44; graph.:8
- Valenza J., Fayolle F., 1965, Notes sur les essais de charges de pâturages en République du Sénégal, Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop., vol.18; n° 3; p.321-327
- Van Dyne G.M., Meyer J.H., 1964, Forage intake by cattle and sheep on dry animal range, J. Anim. Sci., vol.23 ; p.108-1115
- Van Dyne G.M., Torell D.T., 1964, Development and use of the esophageal fistula : a review, J. Range Mgmt, vol.17; n° 1; p.7-19
- Van Soest P.J., 1963, Use of detergents in the analysis of fibrous feeds, II. A rapid method for the determination of fiber and lignin, J. Ass. Off. Agric. Chem., vol.50 ; p.50-55
- Van Soest P.J., 1965, Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. III. Study of effects of heating and drying on yield of fiber and lignin, J. Ass. Official Agric. Chem., vol.48; p.785
- Vérite R., Demarquilly C., 1978, Qualité des matières azotées des aliments pour ruminants, in La vache laitière, IXe Journées du Grenier de Theix, INRA ; p.143-158
- Waddington J., Cooke D.A., 1971, The influence of sample size and number on the precision of estimates of herbage production and consumption in two grazing experiments, J. Brit. Grassld. Soc., vol.26; p.95-101
- Wallace J.D., Denham A.H., 1970, Digestion of range forage by sheep collected by esophageal fistulated cattle, J. Anim. Sci., vol.30; p.605-608
- Wallace J.D., Van Dyne G.M., 1970, Precision of indirect methods for estimating digestibility of forage consumed by grazing cattle, J. Range Mgmt, vol.23; n° 6; p.424-430
- Walters R.J.K., Evans E.M., 1979, Evaluation of a sward sampling technique for estimating herbage intake by grazing sheep, Grass. Forage Sci., vol.34; p.37-44
- Weir W.C., Torell D.T., 1959, Selective grazing by sheep as shown by a comparison of the chemical composition of range and pasture forage obtained by hand clipping and that collected by esophageal-fistulated sheep, J. Anim. Sci., vol.18; p.641-649

- Wilson A.D., 1977, The digestibility and voluntary intake of the leaves of trees and shrubs by sheep and goats, Aust. J. Agric. Res., vol.28; p.501-508
- Wilson A.D., Weir W.C., Torell D.T., 1971, Comparison of methods of estimating the digestibility of range forage and browse, J. Anim. Sci., vol.32; n° 5; p.1046-1050
- Xandé A., Garcia-Trujillo R., 1985, Tableaux de la valeur alimentaire des fourrages tropicaux de la zone Caraïbe, INRA-ICA-EEPF; 51 p.
- Zemmelink G., 1980, Effect of selective consumption on voluntary intake and digestibility of tropical forages, PUDOC, Wageningen (Pays-Bas); CIAT, Cali (Colombie); 100 p.
- Zemmelink G., 1985, The effects of hot climate on feed quality and intake, 36th annual meeting of the european association for animal production - Kallithea - Greece - 30/09 - 30/10 1985, vol.1 ; p.292-293 (résumé)

LISTE DES SIGLES

A.B.T.	Programme conjoint de recherche sur l'Alimentation du Bétail Tropical (IEMVT/CIRAD - LNERV/ISRA)
A.F.T.	An Foras Taluntais (Irlande)
C.I.R.A.D.	Centre de Coopération Internationale de Recherche Agronomique pour le Développement
F.A.O.	Organisation des Nations-Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
I.E.M.V.T.	Institut d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux
C.I.P.E.A.	Centre International pour l'Elevage en Afrique
I.N.R.A.	Institut National de la Recherche Agronomique
I.S.R.A.	Institut Sénégalais de Recherches Agricoles
L.N.E.R.V.	Laboratoire National de l'Elevage et de Recherches Vétérinaires
P.D.E.S.O.	Projet de Développement de l'Elevage au Sénégal Oriental
P.N.U.E.	Programme des Nations-Unies pour l'Environnement
P.P.R.	Programme conjoint de Recherche sur la Pathologie et la Productivité des Petits Ruminants (IEMVT/CIRAD - LNERV/ISRA)
S.O.D.E.S.P.	Société de Développement de l'Elevage en Zone Sylvopastorale
Z.O.O.V.E.T.O.	Département de Recherches Zootechniques et Vétérinaires de l'ISRA.

LISTE DES UNITES ET ABREVIATIONS

A.D.F.	Acid Detergent Fiber (méthode de Van Soest)
A.D.L.	Acid Detergent Lignin (méthode de Van Soest)
C.B.	Cellulose Brute (méthode de Weende)
Cell.	Cellulose de Van Soest
d	Digestibilité de la Matière Sèche (dMS), de la matière organique (dMO), etc....
D.I.	Durée d'Ingestion
D.M.	Durée de Mastication
D.R.	Durée de Rumination
E.T.P.	Evapotranspiration Potentielle
G.M.Q.	Gain Quotidien Moyen de poids vif en grammes par jour
Hémicel.	Hémicellulose (méthode de Van Soest)
I.P.U.	Indice des Pluies Utiles
Li	Lignine
M.A.D.	Matières Azotées Digestibles
M.A.D.I.	Matières Azotées Digestibles Ingérées
M.A.N.D.	Matières Azotées non Digestibles (dans l'aliment)
M.A.S.	Matières Azotées Solubles
M.A.T.	Matières Azotées Totales
M.M.	Matières Minérales Totales assimilées aux cendres
M.O.	Matière Organique
M.O.D.I.	Matière Organique Digestible Ingérée
M.O.F.E.	Matière Organique Fécale Excrétée
M.O.V.I.	Matière Organique Volontairement Ingérée
M.O.N.D.	Matière Organique non Digestible

M.S.	Matière Sèche
M.S.F.E.	Matière Sèche Fécale Excrétée
M.S.V.I.	Matière Sèche volontairement Ingérée
N	Azote
N.A.	Niveau d'Alimentation : rapport de la quantité de matière organique digestible ingérée à la quantité nécessaire pour l'entretien qui est de 23g par kg $P^{0,75}$ chez le mouton (INRA 1978)
N.D.F. $P^{0,75}$	Neutral Detergent Fiber (méthode de Van Soest) Poids métabolique : poids vif élevé à la puissance 0,75. Cette expression traduit le fait que les dépenses d'entretien varient avec la surface corporelle plutôt qu'avec le poids vif. Elle permet de mieux comparer les besoins et la capacité d'ingestion des animaux ou des espèces de poids très différents (INRA 1978).
P.V.	Poids vif
S	Solubilité des Matières Azotées (méthode Durand - INRA 1978)
S.M.O.	Dégradabilité (solubilité) de la matière organique mesurée par la méthode "pepsine cellulase" (AUFRERE 1982)
S.M.S.	Dégradabilité (solubilité) de la matière sèche mesurée par la méthode "pepsine cellulase" (AUFRERE 1982)
Taux de Fécondité	: nombre de produits nés vivants pendant une année rapporté à l'effectif des femelles mises à la reproduction exprimé en p.100
T.D.N.	Total Digestible Nutriments
U.B.T.	Unité Bovin Tropical correspondant à un bovin de 250 kg de poids vif.
*	Test statistique significatif pour $\alpha = 0,05$
**	" " " $\alpha = 0,01$
***	" " " $\alpha = 0,001$
NS	Test statistique non significatif

ANNEE 1987

Hubert GUERIN

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE AGRONOMIQUE DE MONTPELLIER

RESUME : Après une rapide présentation de l'élevage dans la zone sylvo-pastorale du Ferlo au Sénégal, quelques unes des méthodes servant à la description de la végétation et à l'étude de l'alimentation du bétail sur parcours extensifs sont exposées.

Les résultats de certaines d'entre elles contribuent à décrire l'utilisation effective des disponibilités fourragères et à interpréter, sur le plan nutritionnel, le comportement pondéral du cheptel sahélien et soudano-sahélien.

La nécessité d'étudier simultanément le bilan fourrager, le régime des animaux et les performances zootechniques, pour mettre au point des méthodes de diagnostic des systèmes d'alimentation sur parcours extensifs, est discutée.

MOTS-CLES :

Afrique, Sénégal, Ferlo
Sahélo-soudanienne (Zone)
Elevage pastoral
Bovin/ovin/caprin
Parcours naturels
Fourrages
Valeur nutritive
Comportement alimentaire